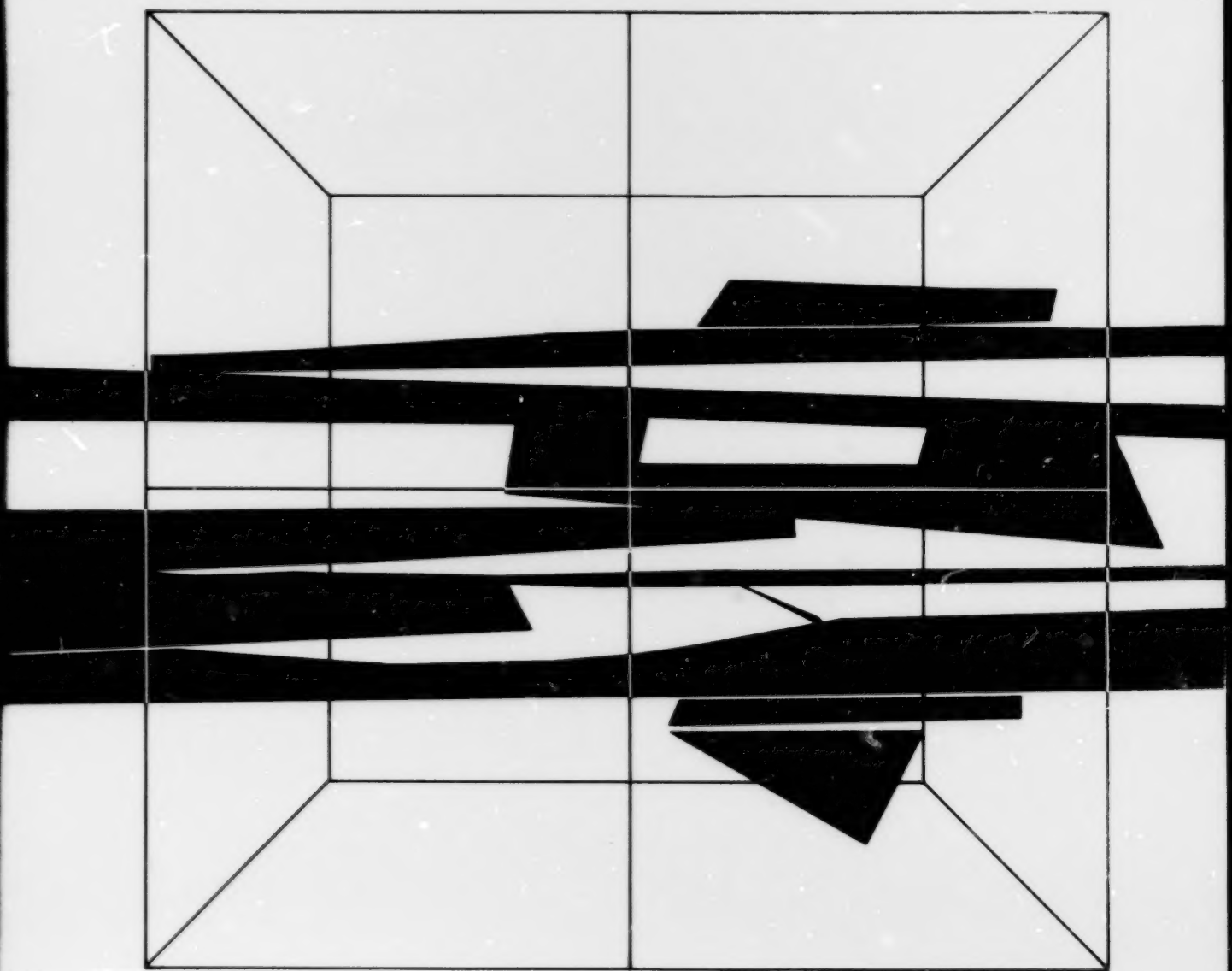
Deposit Control Technology for Kraft Recovery Units

1885
1985

Report EPS 3 PF 1
December 1984



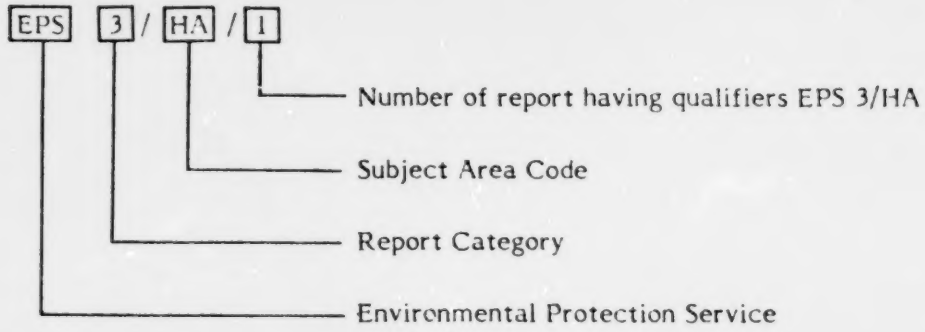
Environment Canada
Environmental Protection Service

Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Canada

ENVIRONMENTAL PROTECTION SERVICE REPORT SERIES

Sample Number:



Categories

1	Regulations/Guidelines/Codes of Practice
2	Public Consultation: Problem Assessment, Control Options
3	Research and Technology Development
4	Literature Reviews
5	Surveys
6	Social, Economic and Environmental Impact Assessments
7	Surveillance
8	Policy Proposals & Statements
9	Manuals

Subject Areas

AG	Agriculture
AP	Airborne Pollutants
CC	Commercial Chemicals
CP	Consumer Pollution
FP	Food Processing
HA	Hazardous Wastes
IC	Inorganic Chemicals
MA	Marine Pollution
MM	Mining & Mineral Processing
NR	Northern Regions
PF	Paper and Fibres
PG	Power Generation
PN	Petroleum and Natural Gas
SP	Oil & Chemical Spills
SRM	Standard Reference Methods
TS	Transportation Systems
UP	Urban Pollution

New subject areas and codes are introduced as they become necessary. A list of EPS reports may be obtained from the Publications Section, Environmental Protection Service, Environment Canada, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 1C8.

National Parks Centennial
1885
1985
Centenaire des parcs nationaux

1885 – 1985:
100 years of Heritage Conservation
Canada's first national park was established in 1885 at Banff, Alberta. Today there are national parks and national historic parks in every province and territory. The National Parks Centennial is an occasion to renew our commitment to preserve examples of our heritage unimpaired for the benefit of all Canadians.

DEPOSIT CONTROL TECHNOLOGY FOR KRAFT RECOVERY UNITS

by

Hoc Nghia Tran
Douglas Reeve & Associates
Toronto, Ontario

for the

Industrial Programs Branch
Environmental Protection Service
Environment Canada

Report EPS 3/PF/1
December 1984

REVIEW NOTICE

This report has been reviewed by the Environmental Protection Programs Directorate, Environmental Protection Service, and approved for publication. Approval does not necessarily signify that the contents reflect the views and policies of the Environmental Protection Service. Mention of trade names or commercial products does not constitute recommendation or endorsement for use.

COMMENTS

Readers who wish to comment on the content of this report should address their comments to -

Mr. J. Betts,
Industrial Programs Branch
Environmental Protection Service
Environment Canada,
Ottawa, Ontario
K1A 1C8

© Minister of Supply and Services Canada 1984
Cat. No. En 49-6/3-1
ISBN 0-662-53438-7
BEAUREGARD PRESS LIMITED

ABSTRACT

This report describes the development of an on-line instrument for measuring the rate of accumulation of fireside deposits in the superheater and boiler sections of kraft recovery units. Massive accumulations of fireside deposits plug flue gas passages and ultimately limit kraft recovery unit capacity and pulp mill production. The instrument developed, named sootprobe™, offers the opportunity for increased pulp production through improved deposit control. It is estimated that, in a nominal 750-t/d kraft mill, use of this technology would result in an incremental pulp production of $2 600 000 per year, and that this would be accompanied by an energy saving of $200 000.

Results of three trials of the research models of sootprobe™ at a kraft mill in Ontario show that:

1) The accumulation of deposits in the superheater and boiler bank regions in kraft recovery units can be continuously measured using sootprobe™.
2) The signal from sootprobe™ is reliable.
3) sootprobe™ can be used to monitor flue gas temperatures.
4) Deposit accumulation rates in the superheater and boiler bank regions vary significantly at the same black liquor firing load.
5) sootprobe™ will provide a signal for feedback to the boiler operator so he can adjust firing conditions to minimize deposit accumulation rate.

TABLE OF CONTENTS

		Page
ABSTRACT		iii
LIST OF FIGURES		v
LIST OF TABLES		vii
1	INTRODUCTION	1
1.1	Kraft Recovery Units	1
1.2	Occurrence of Fireside Deposits	1
2	CURRENT METHODS FOR CONTROLLING DEPOSITS	4
2.1	Sootblowers	4
2.2	Deposit Monitoring	4
2.3	Economic Impact of Improved Deposit Control	4
3	DEVELOPMENT OF NEW DEPOSIT CONTROL TECHNOLOGY	6
3.1	sootprobe™ Design and Installation	6
3.2	sootprobe™ in the Lower Superheater Region	8
3.2.1	Flue Gas Temperatures	8
3.2.2	The sootprobe™ Response Signal	9
3.2.3	The Total Response	13
3.3	sootprobe™ in the Generating Section	13
3.4	Measurement of Flue Gas Temperatures Using sootprobe™	20
3.5	Variation of Deposition Rate	20
4	PRACTICAL APPLICATION OF sootprobe™	23
5	CONCLUSIONS	24
ACKNOWLEDGEMENTS		25
REFERENCES		26

LIST OF FIGURES

Figure		Page
1	KRAFT RECOVERY UNIT	2
2	sootprobe™ AND CONTROL INSTRUMENTATION	7
3	LOCATIONS OF sootprobe™ IN THE RECOVERY UNIT	8
4	FLUE GAS TEMPERATURE IN THE LOWER SUPERHEATER REGION DURING A 2-HOUR RUN	11
5	FLUE GAS TEMPERATURE IN THE LOWER SUPERHEATER REGION DURING A 3-HOUR RUN	11
6	RESPONSE OF sootprobe™ DURING A 3-HOUR RUN (Experiment No. 47) IN THE LOWER SUPERHEATER REGION	12
7	DEPOSITS ON sootprobe™ AFTER A 3-HOUR RUN (Experiment No. 47)	12
8	RESPONSE OF sootprobe™ DURING A 3-HOUR RUN (Experiment No. 18) IN THE LOWER SUPERHEATER REGION	14
9	DEPOSITS ON sootprobe™ AFTER A 3-HOUR RUN (Experiment No. 18)	14
10	CROSS SECTION OF DEPOSITS SHOWN IN FIGURE 9	15
11	RESPONSE OF sootprobe™ DURING A 1.75-HOUR RUN (Experiment No. 31) IN THE LOWER SUPERHEATER REGION	16
12	DEPOSITS ON sootprobe™ AFTER A 1.75-HOUR RUN (Experiment No. 31)	16
13	EFFECT OF DEPOSIT THICKNESS IN THE SUPERHEATER DURING THE FIRST AND SECOND TRIALS	17
14	EFFECT OF DEPOSIT THICKNESS IN THE SUPERHEATER DURING THE THIRD TRIAL	17
15	RESPONSE OF sootprobe™ DURING A 17-HOUR RUN (Experiment No. 51) AT THE BOILER BANK INLET	18
16	DEPOSITS ON sootprobe™ AFTER 17 HOURS EXPOSED AT THE BOILER BANK INLET (Experiment No. 51)	18
17	DEPOSITS ON sootprobe™ AFTER 24 HOURS EXPOSED AT THE BOILER BANK INLET (Experiment No. 41)	19

Figure		Page
18	EFFECT OF DEPOSIT THICKNESS AT THE BOILER BANK INLET DURING THE THIRD TRIAL	19
19	FLUE GAS TEMPERATURE DURING A 3-HOUR RUN (Experiment No. 47) MEASURED DIRECTLY AND BY sootprobe™	21
20	DEPOSIT ACCUMULATION ON sootprobe™ IN THE SUPERHEATER REGION DURING THE FIRST AND SECOND TRIALS	22
21	DEPOSIT ACCUMULATION ON sootprobe™ IN THE SUPERHEATER REGION DURING THE THIRD TRIAL	22

LIST OF TABLES

Table		Page
1	AVERAGE BOILER OPERATING CONDITIONS DURING TRIALS	9
2	SUMMARY OF TRIAL RESULTS	10

1 INTRODUCTION

1.1 Kraft Recovery Units

Kraft pulping is the most important chemical pulping process in the pulp and paper industry. The process uses an aqueous solution of NaOH and Na_2S as cooking liquor to fiberize the wood by dissolving the lignin in a digester at high temperature and pressure. The resultant pulp is filtered, washed, bleached and used to make paper and other products. The spent pulping liquor, called "black liquor" because of its colour, is concentrated to about 65% dissolved solids and burned in a recovery unit (Figure 1). The recovery unit has three main functions: eliminating, through combustion, the lignin and other wood components dissolved in the black liquor; recovering and regenerating the inorganic pulping chemicals; and, producing steam for power generation and process heating.

Kraft recovery units are of vital importance to the productive capacity, energy efficiency, environmental impact and capital cost of kraft pulp mills. Recovery unit capacity, and therefore pulp production, is ultimately limited by massive accumulation of fireside deposits. The deposits cause many problems, including decrease of heat transfer efficiency, increased corrosion of superheater and boiler tube metal and plugging of flue gas passages. Massive deposit accumulation can lead to a complete blockage of the boiler, causing significant production losses associated with unscheduled shutdowns.

1.2 Occurrence of Fireside Deposits

Fireside deposits in kraft recovery units result from the high inorganic content of black liquor, which accounts typically for 35-45% of black liquor dry solids. Deposits are formed by two distinctly different mechanisms: 1) the impingement of carryover particles on heat transfer surfaces (carryover), and 2) deposition by condensed vapours of compounds volatilized in the lower part of the unit (condensation). In the lower superheater region, particularly on the windward side of the tubes, the carryover mechanism is dominant, forming hard and thick deposits. In the upper superheater region, generating section and economizer, deposits are formed mainly by condensation and, under normal conditions, are white, friable, powdery and easy to remove.

The chemistry, morphology, thermal and mechanical properties, and mechanism of deposit formation have been intensively studied at the University of

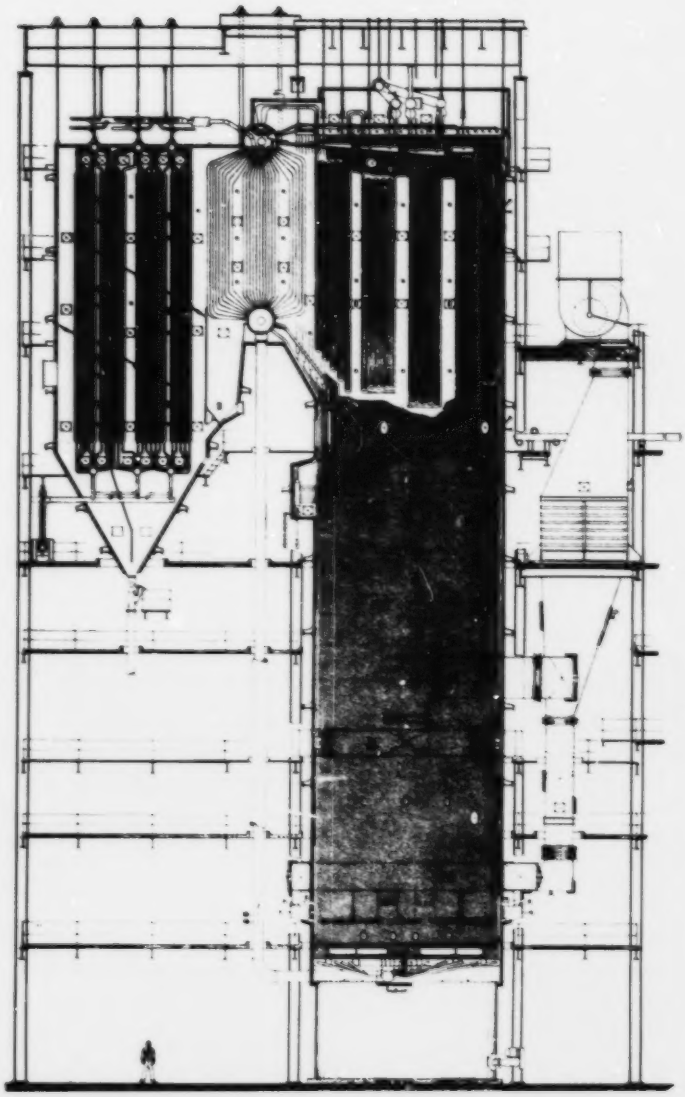


FIGURE 1 KRAFT RECOVERY UNIT

Toronto in the last five years (1-3). These fundamental studies have resulted in a deeper understanding of deposit characteristics and their effect on superheater corrosion (2,4,5) and flue gas passage plugging (6).

2 CURRENT METHODS FOR CONTROLLING DEPOSITS

2.1 Sootblowers

Deposit accumulation is controlled by sootblowers which inject high pressure steam through small rotating nozzles to dislodge deposits from heat transfer surfaces. Sootblowers are operated on various frequencies depending on the location and boiler operating conditions, with guidance from draft loss and flue gas temperature measurements.

Sootblowers are generally quite effective in the removal of friable and powdery condensation deposits. However, they are not effective against the hard and tenacious carryover deposits, particularly when molten phases are involved.

In units which experience serious plugging problems, the control of massive deposit accumulation by additives has sometimes been attempted. Additives are believed to modify deposit chemistry, decrease deposit stickiness and tenacity and improve the deposit removal efficiency of sootblowers. The results, however, have not been conclusive.

2.2 Deposit Monitoring

Deposit accumulation is measured indirectly by pressure drop or draft loss across the superheater, boiler bank and economizer. However, the measurement generally responds crudely to the massive build-up of deposits. When the pressure drop becomes abnormally high, it is often too late to take any preventive action because most of the flue gas passages will already be blocked and the deposits will have become resistant to sootblowing.

More recently, computer control systems have been developed to optimize sootblowing. Deposit accumulation is monitored by draft loss or gas temperature drop or heat transfer into the water in the economizer or into the steam in the superheater. All these measurements, however, give only crude indications of deposit accumulation, particularly in large boilers.

2.3 Economic Impact of Improved Deposit Control

Improved deposit control would produce: 1) lower sootblower steam requirements; 2) fewer forced shutdowns for recovery unit washouts; 3) improved recovery unit thermal efficiency; and 4) higher recovery unit capacity and thereby higher pulp production capacity.

Sootblowers typically consume 6% of a recovery unit total steam production. A 20% decrease would save each mill $200 000 per year.

Deposit plugged boilers must be shut down and washed out, resulting in up to two days lost production. The lost revenue for a 750 t/d kraft mill is about $300 000 per shutdown.

In many mills where there is only one production line, the recovery unit is the bottleneck to production. Incremental capacity is increasingly important because the cost of new capacity has dramatically increased and wood supplies dictate incremental mill expansion rather than new site development. There are many reasons for unit capacity limits but one of the most important is flue gas passage plugging. Increased liquor load fired in the recovery unit increases deposit formation. Further, the higher flue gas temperature resulting from increased liquor load often leads to rapidly accelerated plugging. A 5% increase in the capacity of a 750-t/d mill would increase revenue by about $2 600 000 per year.

In some cases the recovery unit heat transfer surfaces are insufficient to extract the desired amount of heat from the flue gas, sending hotter gas than necessary up the stack. A 1% increase in the thermal efficiency would produce an additional $200 000 steam per year for an average sized mill. Further, in the long range, improved deposit control could significantly reduce the heat transfer surface required, making recovery units smaller and cheaper.

There are about 770 kraft recovery units in the world, and more than half are located in North America (7). In Canada there are about 75 recovery units in 51 kraft mills. If 20% of the mills in Canada could improve their deposit control technology as described above, the saving would be $2 000 000 per year in steam or increased revenue of $3 000 000 per year due to fewer forced shutdowns, or increased revenue of $27 000 000 through incremental pulp production capacity.

3 DEVELOPMENT OF NEW DEPOSIT CONTROL TECHNOLOGY

Until now, no direct means of measuring deposit accumulation in kraft recovery units has been available. The boiler operator has no idea how much carryover there is in the upper part of his boiler at a particular time. This information is particularly important because short-term variations in the boiler operation can have a dramatic effect on boiler plugging. Episodes of high carryover and/or high temperature can quickly plug a boiler.

Douglas Reeve & Associates, through the unsolicited proposal program of Supply and Services Canada and financial support from Environment Canada, Environmental Protection Service, is developing new deposit control technology using sootprobe™, an on-line instrument for measuring the rate of accumulation of fireside deposits in the superheater and boiler sections of kraft recovery units. The sootprobe™ provides, on a continuous basis, the deposit accumulation rate and the flue gas temperature in the superheater and boiler bank regions of recovery units.

Three trials in a recovery boiler at a kraft pulp mill in Ontario to test the performance of the experimental model of sootprobe™ have been completed. The first trial was performed in September 1983. The second trial was performed in November 1983. In these two trials, most experiments were performed in the superheater region. The third trial was completed in March 1984. In this trial, the experiments were concentrated at the boiler bank inlet.

3.1 sootprobe™ Design and Installation

Figure 2 shows the experimental sootprobe™ and its cooling air flow control instrumentation scheme. The installation sites for the sootprobe™ are sometimes limited to the number and availability of the openings of the recovery unit. In these trials, the sootprobe™ was installed at three locations, one in the lower superheater region and two in the generating section as shown in Figure 3.

The exposure time of the probe varied from 15 minutes to 24 hours. Most experiments, however, were two hours. After each experiment, the probe was taken out of the furnace and photographed. The deposit thickness was measured and the probe was cleaned.

The boiler operating conditions during these trials are summarized in Table 1. There was no significant change in boiler operating conditions other than a slightly higher

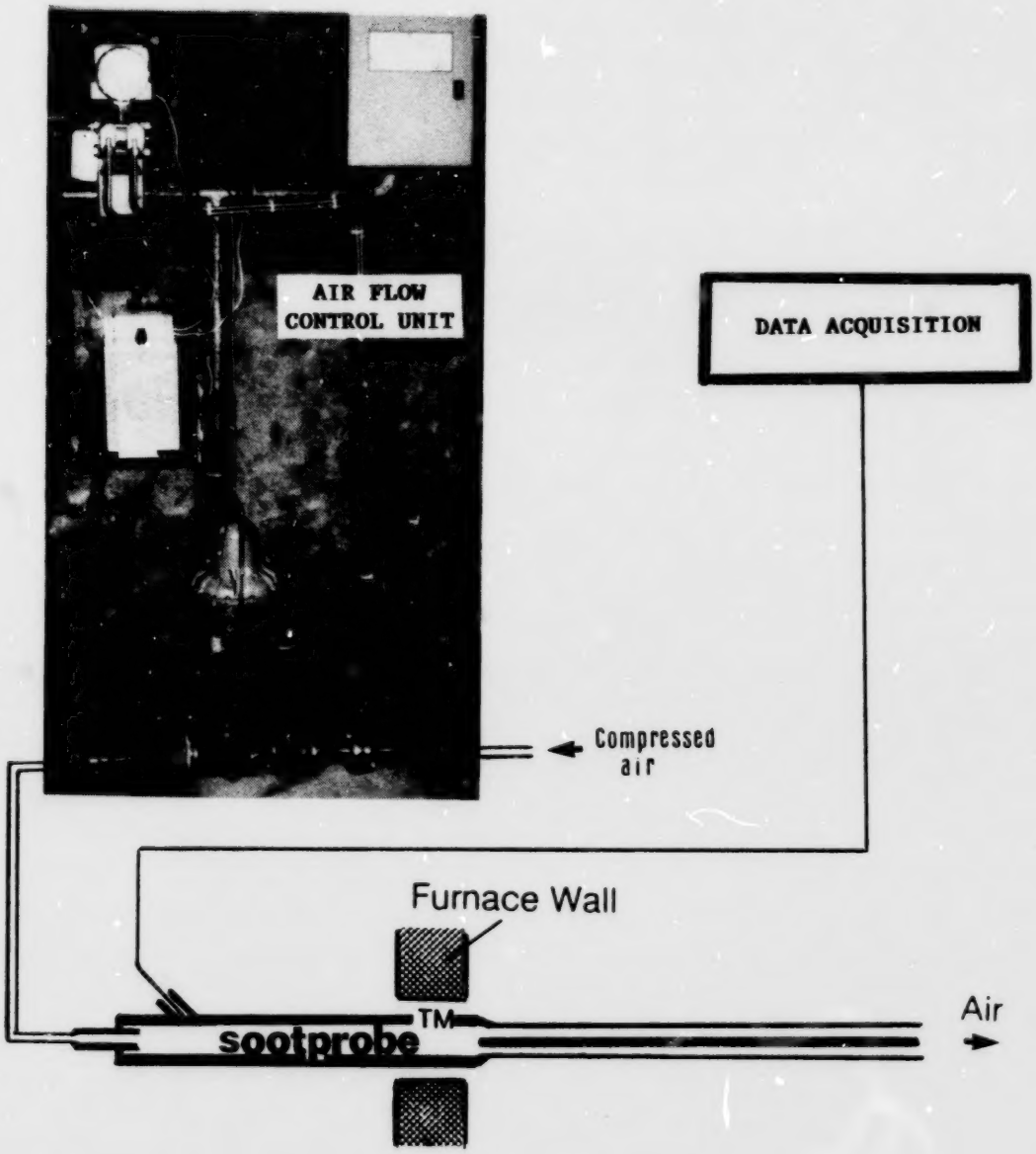


FIGURE 2 sootprobe™ AND CONTROL INSTRUMENTATION

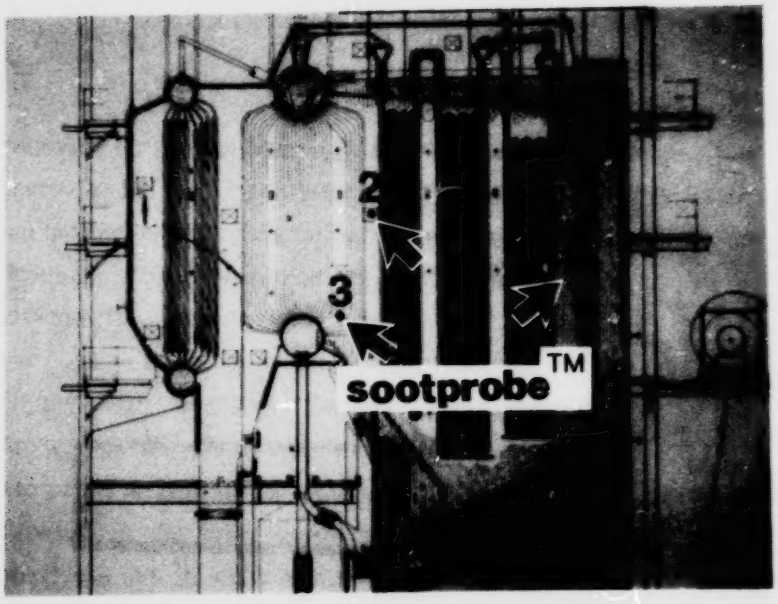


FIGURE 3 LOCATIONS OF sootprobe™ IN THE RECOVERY UNIT

1. Superheater
2. Boiler Bank Inlet
3. Boiler Bank

black liquor load, 908 L/min, during the third trial compared to 852 L/min during the first and second trials.

The trial results are summarized in Table 2.

3.2 sootprobe™ in the Lower Superheater Region

3.2.1 The Flue Gas Temperature. The flue gas temperature in recovery units varies greatly. In the lower superheater region of this particular unit, the average flue gas temperature ranges from 650°C at low load (683 L/min) to about 780°C at high load (870 L/min).

Figure 4 shows the flue gas temperature in the lower superheater region during a two-hour run (experiment no. 26). The flue gas temperature was measured using a flue gas temperature measuring probe located adjacent to the sootprobe™. During this experiment, the boiler was firing 833 L/min black liquor. The flue gas temperature was relatively constant, about 700-750°C. The low temperature recorded around 30 minutes was due to an upset in the lower furnace when no liquor was fired because of plugged liquor lines.

TABLE 1 AVERAGE BOILER OPERATING CONDITIONS DURING TRIALS

	First Trial (Sept. 23-30/83)	Second Trial (Nov. 11-22/83)	Third Trial (March 1-15/84)
Black Liquor			
Firing rate (L/min)	871	852	908
Solids (% dry)	60	62	63
Heating Value (kJ/kg dry solids)	14 886	-	-
Nozzle pressure (kPa gauge)	117	110	110
Nozzle temperature (°C)	125	125	124
Air			
Primary air flow rate (Arbitrary)	150	140	130
Total air flow rate (Arbitrary)	260	250	270
Temperature (°C)	111	108	119
Steam			
Temperature (°C)	486	480	480
Pressure (kPa gauge)	6 070	5 930	5 930
Production (kg/h)	122 470	113 400	113 400
Flue Gas Temperature (°C)			
Superheater	789	766	766
Boiler bank inlet	-	-	589
Boiler bank outlet	-	-	374
Economizer outlet	-	-	363

In some experiments, however, significant short-term variation in the flue gas temperature was observed. Figure 5, for instance, shows a large fluctuation of flue gas temperature during a three-hour run (experiment no. 47) while the unit was firing a constant black liquor load of 908 L/min.

3.2.2 The sootprobe™ Response Signal. The sootprobe™ responds to deposit accumulation by providing a signal which corresponds to the thickness of deposits accumulated on the probe. The thicker the deposits, the greater the response becomes. Figure 6 shows the response of the sootprobe™ during experiment no. 47. The response increases with time as the deposit accumulates. Figure 7 shows the appearance of the probe after this three-hour experiment. The leeward side had only a thin layer (less than

TABLE 2 SUMMARY OF TRIAL RESULTS (L/min)

Expt. No.	Date	Time Start	Location	Black Liquor Flow Rate (L/min)	Dry Solids (%)	Time of Exposure (hours)	Deposit Thickness (mm)	Σ
Trial 1								
1	830923	11:44	SH	871	63.5	18.5	-	85
2	830923	16:15	SH	833-871	63	17	22	70
3	830924	12:16	SH	833	63	1	5	30
4	830924	12:16	SH	833	63	5.5	-	55
5	830925	13:13	SH	833	63	2	-	40
6	830926	12:49	SH	889	63.5	3	-	60
7	830927	11:49	SH	871	64.5	2.3	7	45
8	830928	9:47	SH	700	64.5	2	7	-
9	830928	12:27	SH	889	63	2	8	60
10	830929	9:27	SH	889	64	2.5	9	50
11	830929	16:09	SH	889	61	1	4	40
12	830929	16:09	SH	871-908	62	8	21	90
13	830930	12:43	BB	-	-	8	-	75
14	830930	9:29	SH	-	-	4	11	70
Trial 2								
16	841111	19:50	SH	833-871	62	12.75	19	110
17	831112	11:25	SH	719-795	63	1.75	2.3	20
18	831114	10:36	SH	833	61	3.5	17	90
19	831114	15:08	SH	833	63	2.0	17	70
20	831114	17:34	SH	833	63	1.0	10	50
21	831115	10:47	SH	871	62	0.5	6.5	35
22	831115	11:15	SH	871	62	0.25	2	30
23	831115	12:26	SH	871	62	1.5	14	-
24	831115	14:34	SH	908	62.5	2	9	55
25	831115	17:12	SH	889	61.5	2	15	60
26	831120	9:00	SH	871	63	2	8	55
27	831120	12:00	SH	871	61.5	2	9.5	70
28	831120	14:50	SH	871	61.5	2	6	55
29	831120	17:50	SH	833	61.0	0.5	5	-
30	831120	19:09	BB	833	61	2	-	35
31	831121	11:09	SH	871	61	1.75	0-0.5	10
32	831121	13:52	SH	871	62	2	5.5	35
33	831121	16:37	SH	852	61	4.3	8.5	50
34	831121	22:26	BB	852	60.5	2.5	-	-
35	831122	9:40	SH	833	61	2.5	8	40
Trial 3								
36	840303	17:24	SH	908	63.0	2	15	110
37	840304	20:22	SH	908	61.5	1	4	55
38	840304	9:27	SH	908	61.5	2	11	100
39	840304	12:12	BBI	908	62	3	<1	15
40	840304	12:12	BBI	908	62	22	8	70
41	840305	11:04	BBI	908	63	5	2	30
41a	840305	11:04	BBI	908	63	11	6	60
41b	840305	11:04	BBI	908	63	23.5	7	65
42	840306	17:23	BBI	568-871	63.5	18.6	-	65
43	840307	16:37	BBI	871	-	17	6	50
44*	840308	11:30	BBI	-	-	5.5	6	-
45	840308	17:05	BBI	643-833	62	16	2-3	25
46	840309	11:07	SH	908	63.5	2	5	40
47	840309	14:07	SH	908	62.5	3	10	85
48	840309	17:16	SH	568-908	63.1	-	-	-
49	840311	8:52	BBI	908	60.5	3	1	20
49a	840311	8:52	BBI	908	62	8.4	1	20
49b	840311	8:52	BBI	908	62	24	16	80
50	840312	10:12	BBI	908	62	1.5	3	30
50a	840312	10:12	BBI	908	62	5.8	19	85
51	840312	16:36	BBI	908	62.5	1	5	50
51a	840312	16:36	BBI	908	62.5	17	24	120
52	840313	10:37	BBI	908	63	0.5	<1	25
52a	840313	10:37	BBI	908	63	1.4	4	45
52b	840313	10:37	BBI	908	63	4	8	65
53	840313	15:12	BBI	927	63.5	0.83	4	40
54	840313	16:42	SH	927	63.0	0.33	<1	0
55	840314	10:27	SH	871	66	1	4.5	40
55a	840314	10:27	SH	871	66	1.4	5	45

Remarks Σ: Total Response of sootprobe™ *: Cooling air off
SH: Lower Superheater BBI: Boiler bank inlet
BB: Boiler Bank -: Not available

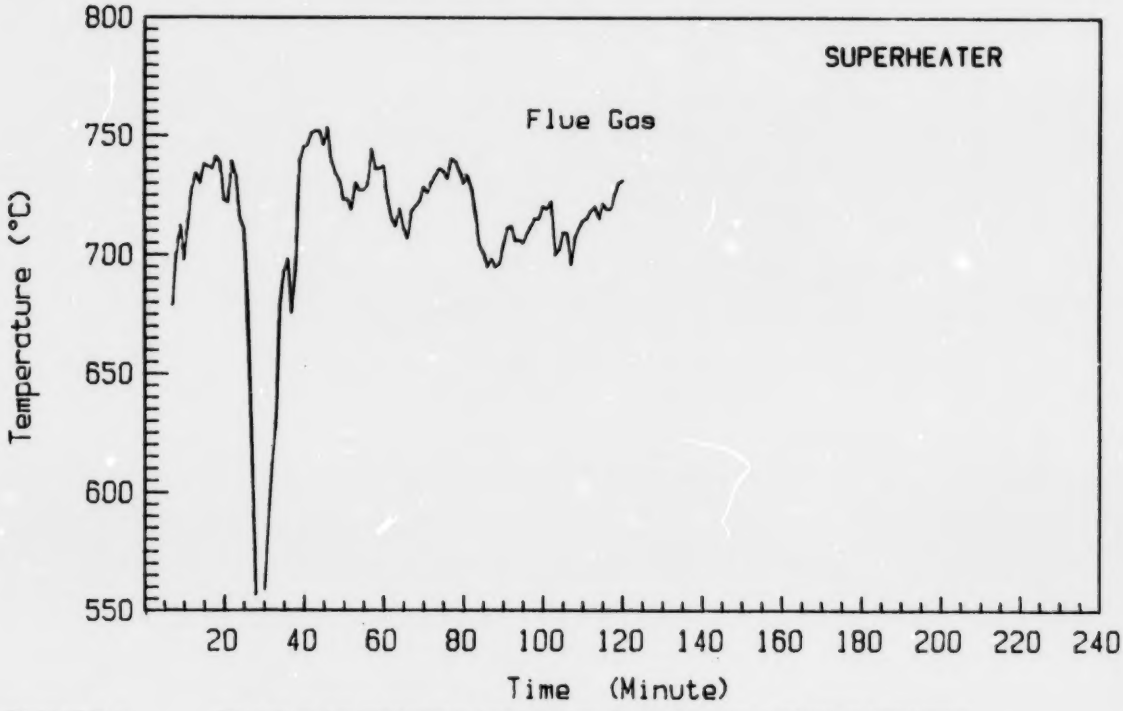


FIGURE 4 FLUE GAS TEMPERATURE IN THE LOWER SUPERHEATER REGION DURING A 2-HOUR RUN (Experiment no. 26)

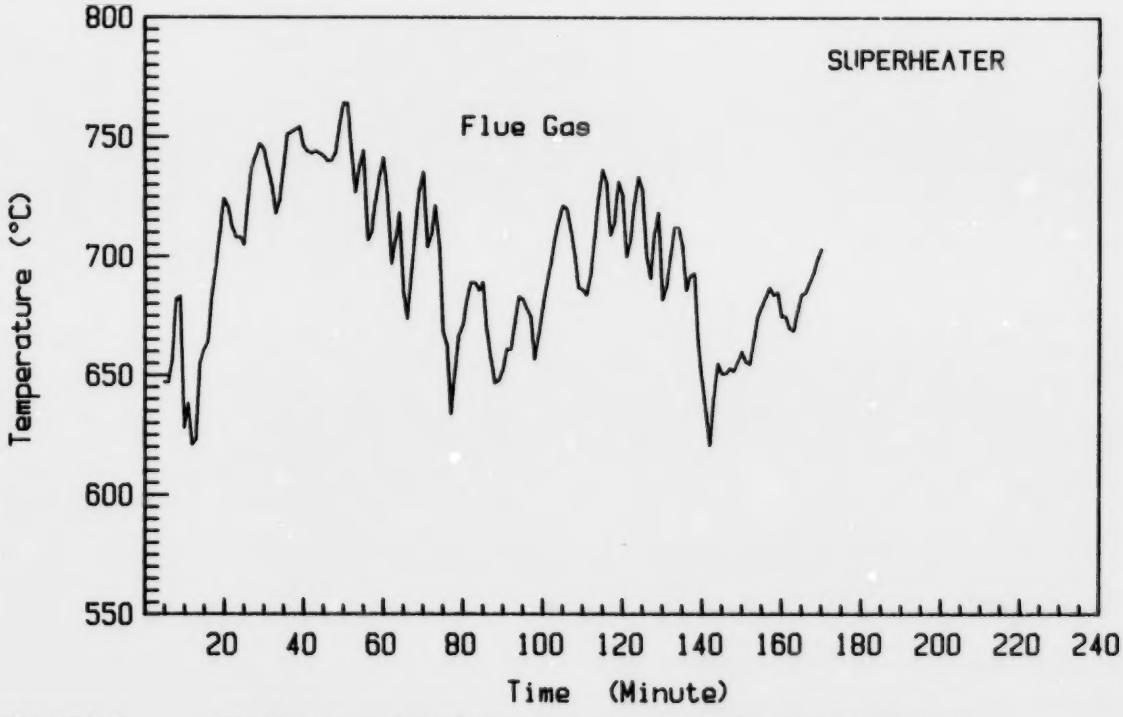


FIGURE 5 FLUE GAS TEMPERATURE IN THE LOWER SUPERHEATER REGION DURING A 3-HOUR RUN (Experiment no. 47)

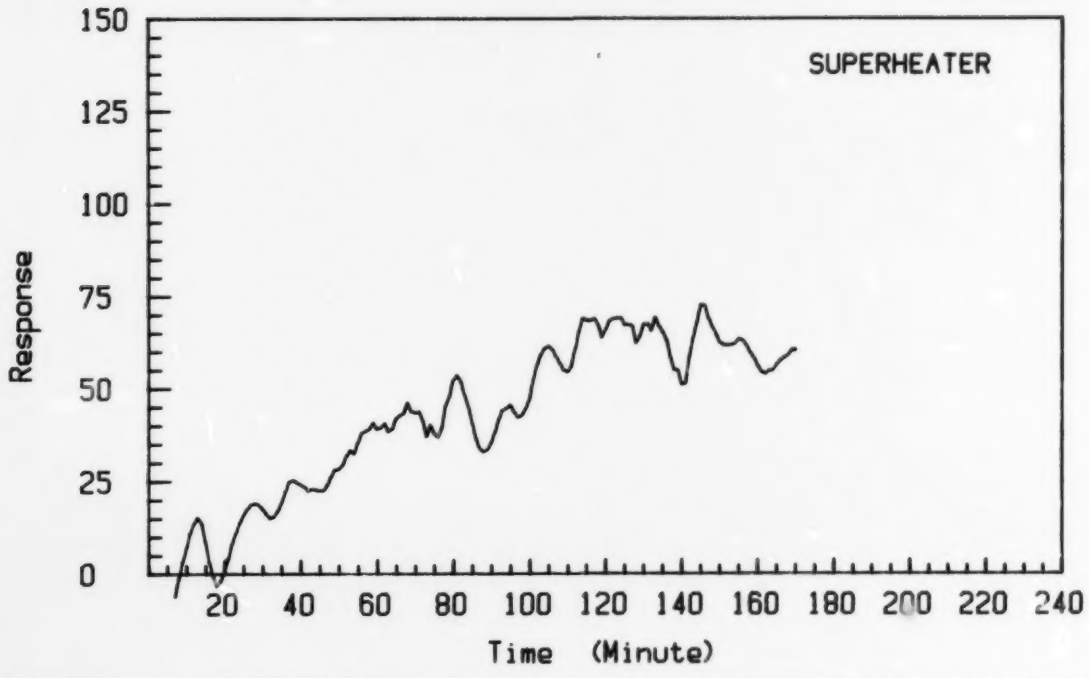


FIGURE 6 RESPONSE OF sootprobe™ DURING A 3-HOUR RUN (Experiment no. 47) IN THE LOWER SUPERHEATER REGION

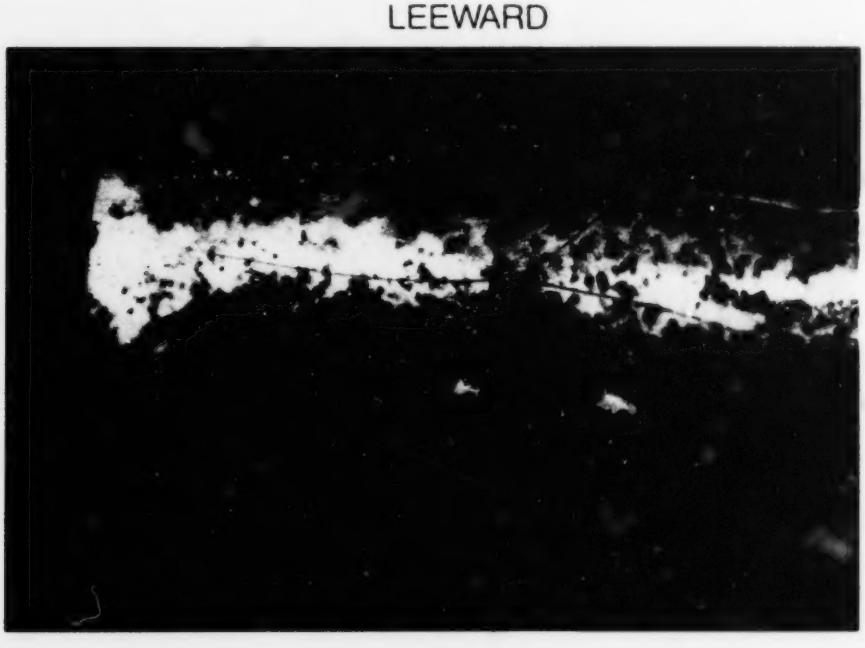


FIGURE 7 DEPOSITS ON sootprobe™ AFTER A 3-HOUR RUN (Experiment no. 47)

0.5 mm) of white powdery deposits, while on the windward side, rough, tenacious, 10 mm thick deposits were found.

In some other experiments, deposits accumulated at much higher rates. During a three-hour run (experiment no. 18), for instance, the response increased dramatically with time (Figure 8). The appearance of the deposits after this experiment is shown in Figure 9. The leeward side deposits were white and thin as observed in the previous experiment but the windward side deposits were pink and much thicker, about 17 mm (Figure 10).

In experiment no. 31, the probe was exposed for nearly two hours while 871 L/min black liquor was fired, a firing rate 20% above the boiler design capacity. There was almost no change in the response, as shown in Figure 11, suggesting that there was no or very little deposit accumulation. This, indeed, was confirmed by examination of the probe after the experiment. Only a very thin deposit was observed (Figure 12). A similar response of sootprobe™ to the deposit thickness was also observed in the generating section, during a different probe exposure.

This response of the sootprobe™ to the deposit thickness (response increases as the deposit accumulates) is of great importance. It indicates that the sootprobe™ provides a reliable signal corresponding to deposit accumulation rates.

3.2.3 The Total Response. The total response Σ at time t is defined as the absolute value of the difference between the initial response and the response at time t, namely,

$$\Sigma = |\sigma_i - \sigma_t|$$

where σ_i and σ_t are respectively the initial response and the response at time t.

Since the total response Σ is relative to the initial response signal and is independent of time, it is a better indication of deposit accumulation than the response signal.

Figure 13 shows the total response in the superheater at the end of each experiment in the first and second trials, plotted against the deposit thickness. Although there is some scatter, the data clearly show that the thicker the deposit is the greater the total response. Similarly, Figure 14 shows the total response of experiments in the superheater in the third trial as a function of deposit thickness.

3.3 sootprobe™ in the Generating Section

In the generating section, the flue gas temperature is lower so the carryover particles contain less molten phase and are not as sticky as in the lower superheater region. Deposits accumulate at a lower rate in this region.

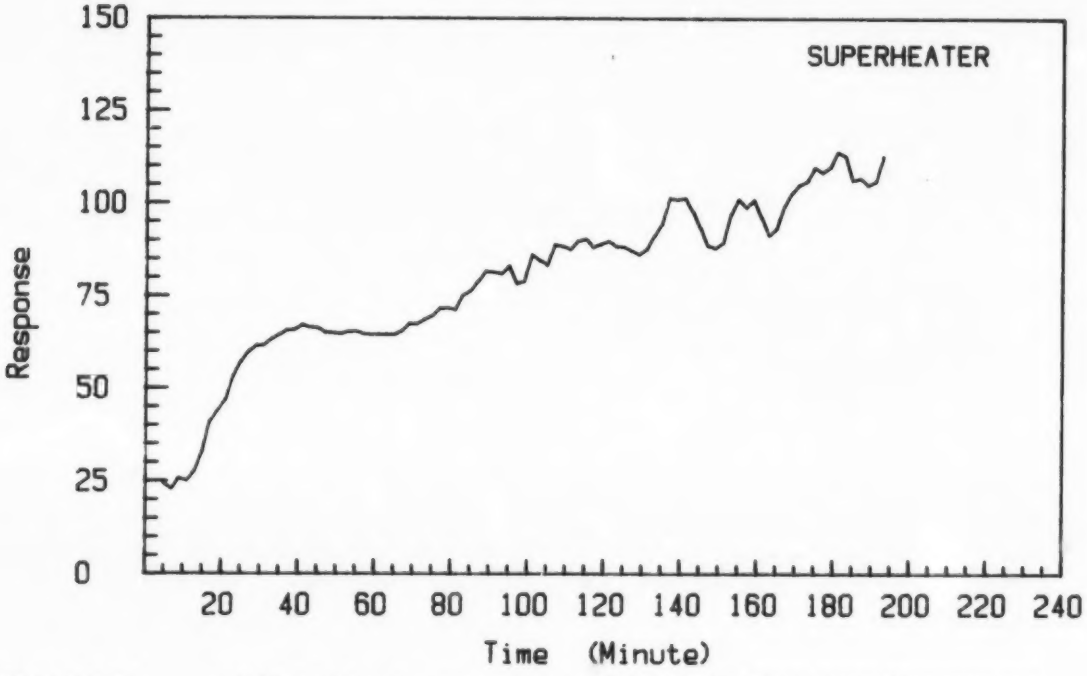


FIGURE 8 RESPONSE OF sootprobe™ DURING A 3-HOUR RUN (Experiment no. 18) IN THE LOWER SUPERHEATER REGION

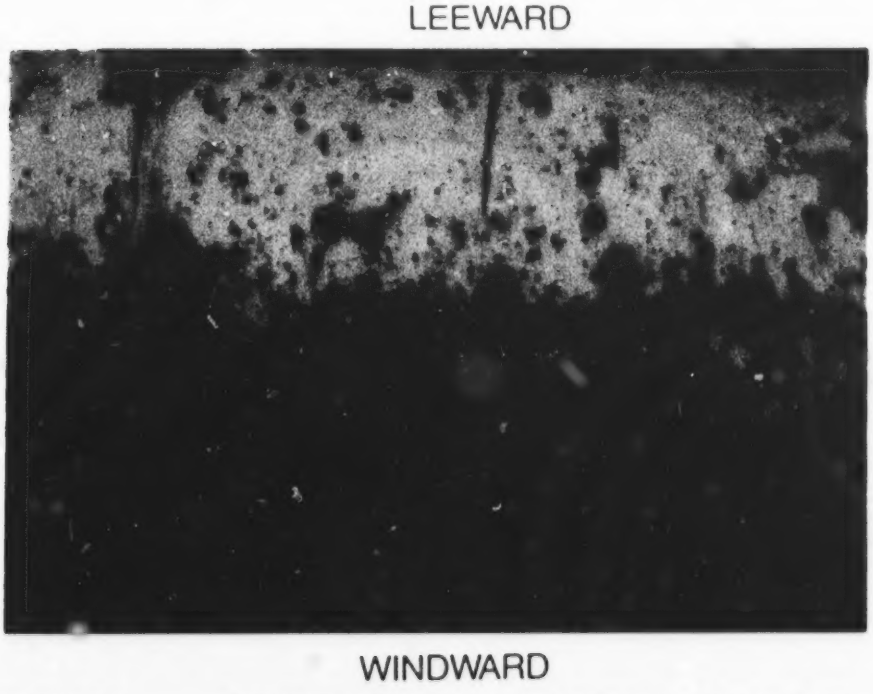


FIGURE 9 DEPOSITS ON sootprobe™ AFTER A 3-HOUR RUN (Experiment no. 18)

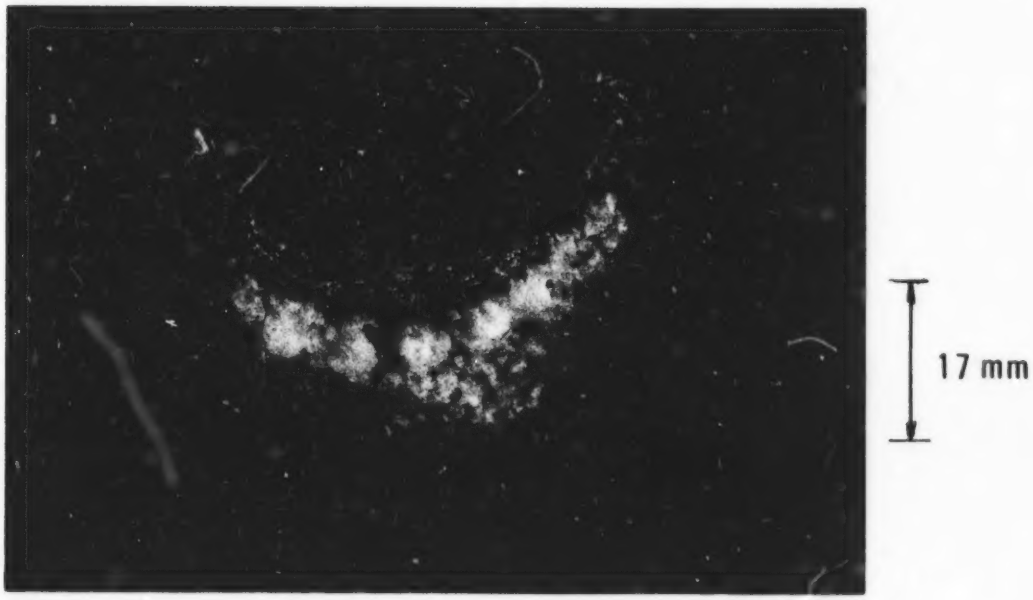


FIGURE 10 CROSS SECTION OF DEPOSITS SHOWN IN FIGURE 9

Most experiments in the generating section were performed during the third trial (Table 4). The operating conditions of the sootprobe™ were adjusted to simulate actual boiler bank tubes. Figure 15 shows the response signal of the sootprobe™ exposed at the boiler bank inlet for 17 hours (experiment no. 51). The signal increased steadily as the deposit thickness increased. The deposit on the windward side of the probe after 1 hour was about 5 mm, and after 17 hours about 24 mm (Figure 16). The total response showed a similar trend, measuring 50 after 1 hour and 120 after 17 hours.

In some experiments, the deposition rate was significantly lower and accordingly the total response was also smaller. In experiment no. 41, for instance, the deposit was only 2 mm thick after 5 hours and 7 mm after 24 hours (Figure 17). The total response was also much smaller, measuring 30 and 65, respectively. This again confirmed that the sootprobe™ provides a reliable signal corresponding to deposit accumulation rates.

Figure 18 shows the total response at the end of each experiment at the boiler bank inlet in the third trial, plotted against deposit thickness. As in the case of the superheater region, the data clearly show that the thicker the deposit, the greater the total response.

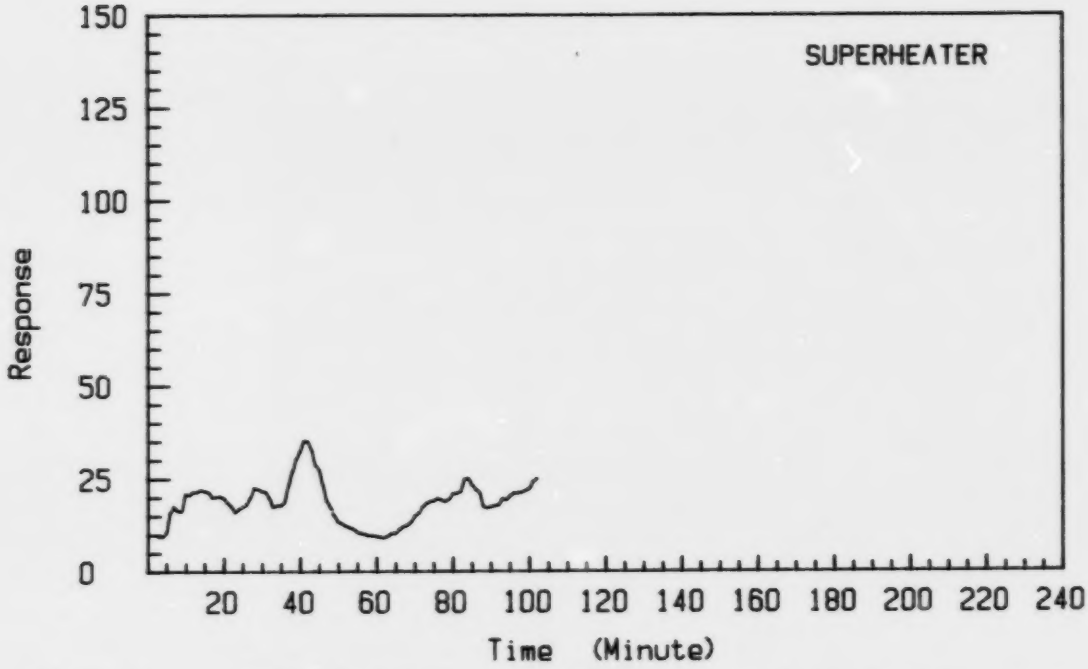


FIGURE 11 RESPONSE OF sootprobe™ DURING A 1.75 HOUR RUN (Experiment no. 31) IN THE LOWER SUPERHEATER REGION

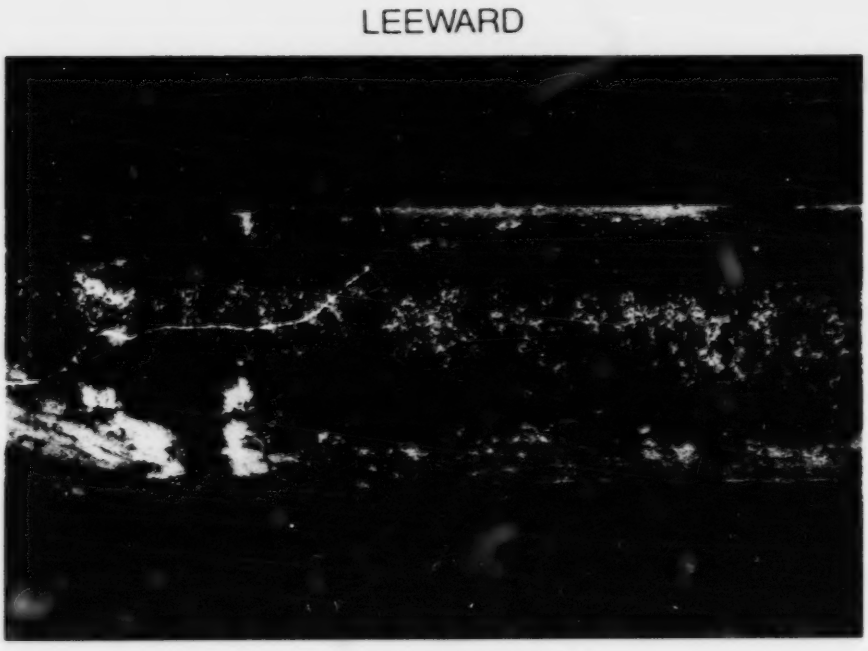


FIGURE 12 DEPOSITS ON sootprobe™ AFTER A 1.75 HOUR RUN (Experiment no. 31)

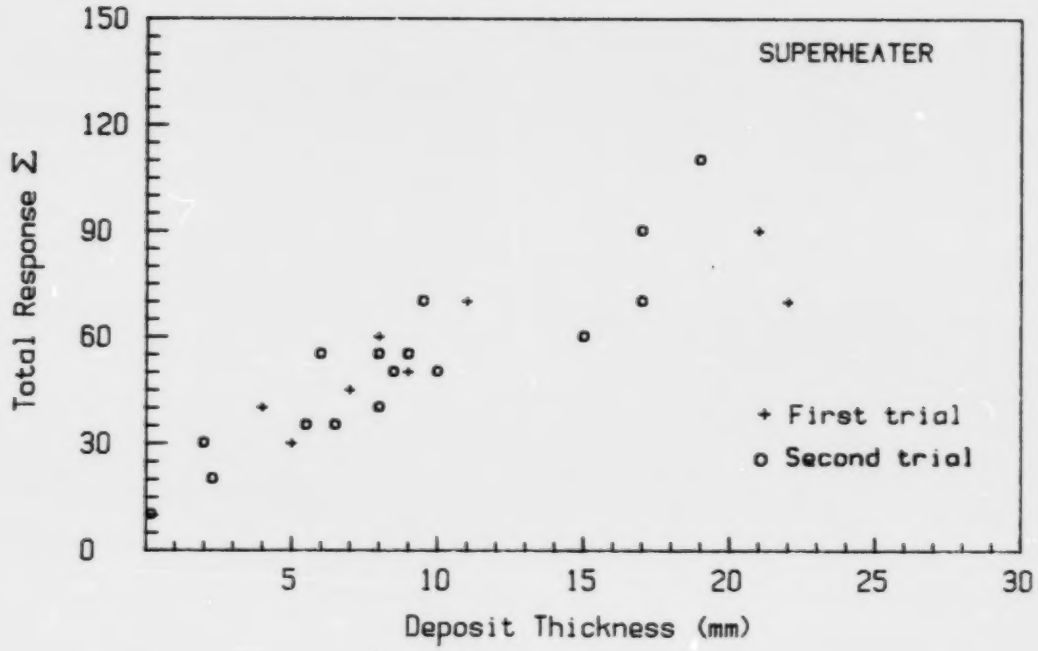


FIGURE 13 EFFECT OF DEPOSIT THICKNESS IN THE SUPERHEATER REGION DURING THE FIRST AND SECOND TRIALS

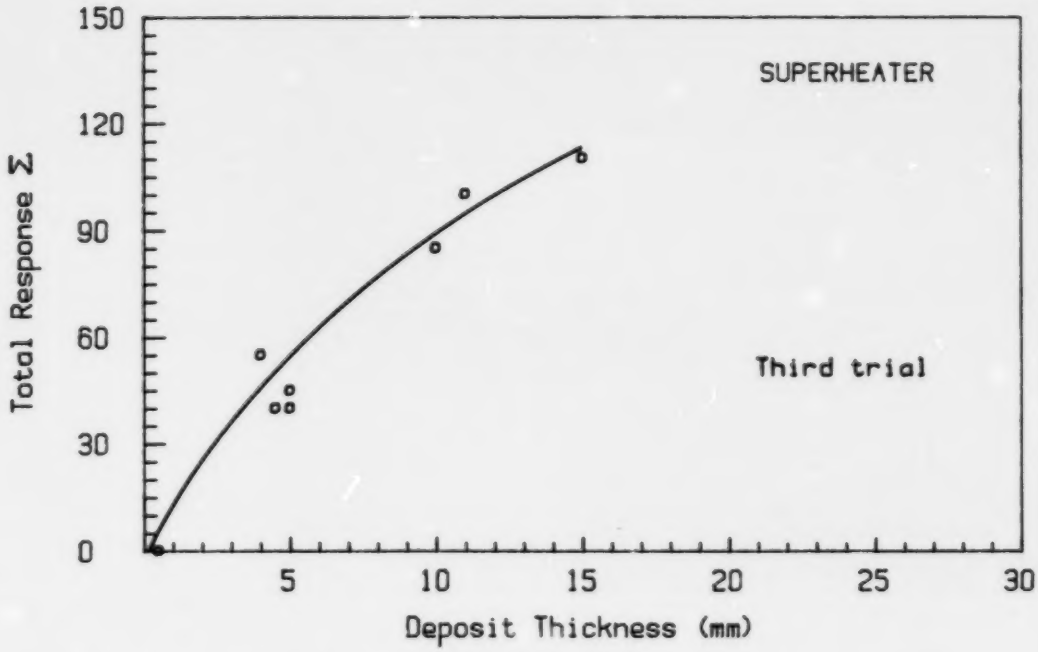


FIGURE 14 EFFECT OF DEPOSIT THICKNESS IN THE SUPERHEATER REGION DURING THE THIRD TRIAL

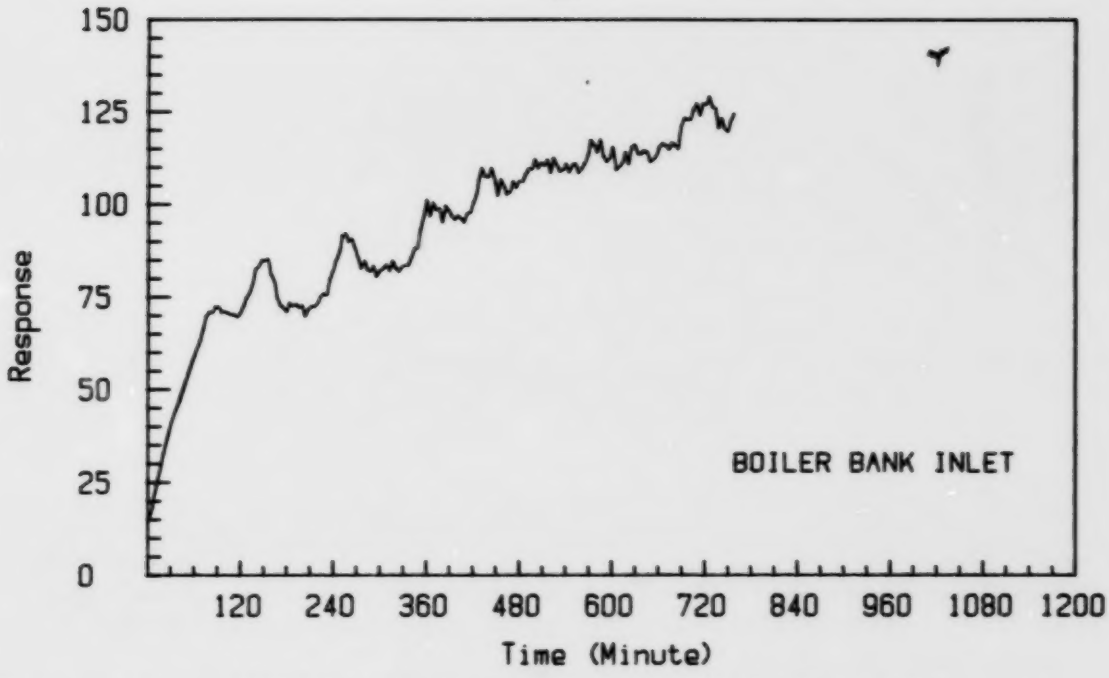


FIGURE 15 RESPONSE OF sootprobe™ DURING A 17-HOUR RUN (Experiment no. 51) AT THE BOILER BANK INLET

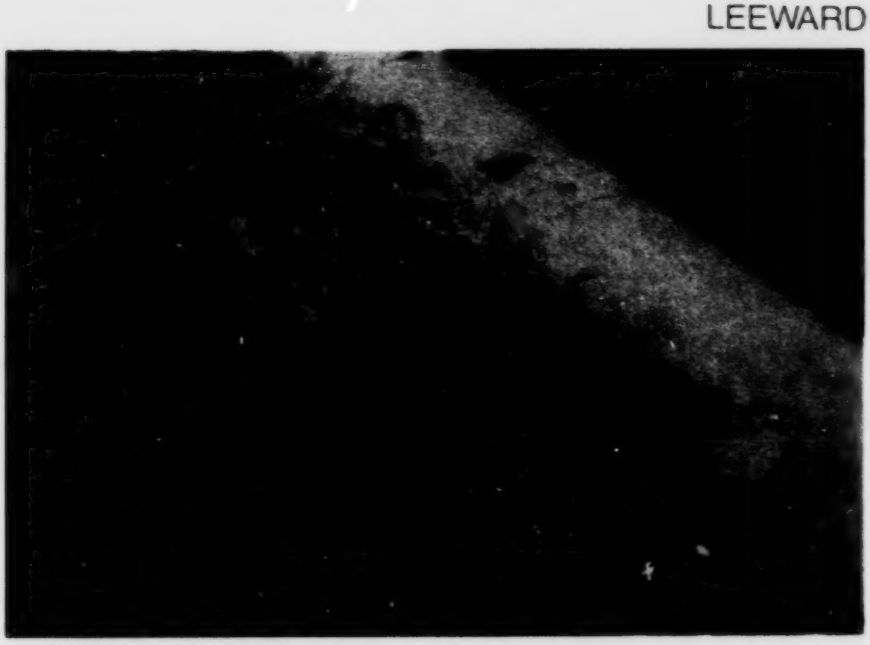


FIGURE 16 DEPOSITS ON sootprobe™ AFTER 17 HOURS EXPOSED AT THE BOILER BANK INLET (Experiment no. 51)

FIGURE 17 DEPOSITS ON sootprobe™ AFTER 24 HOURS EXPOSED AT THE BOILER BANK INLET (Experiment no. 41)

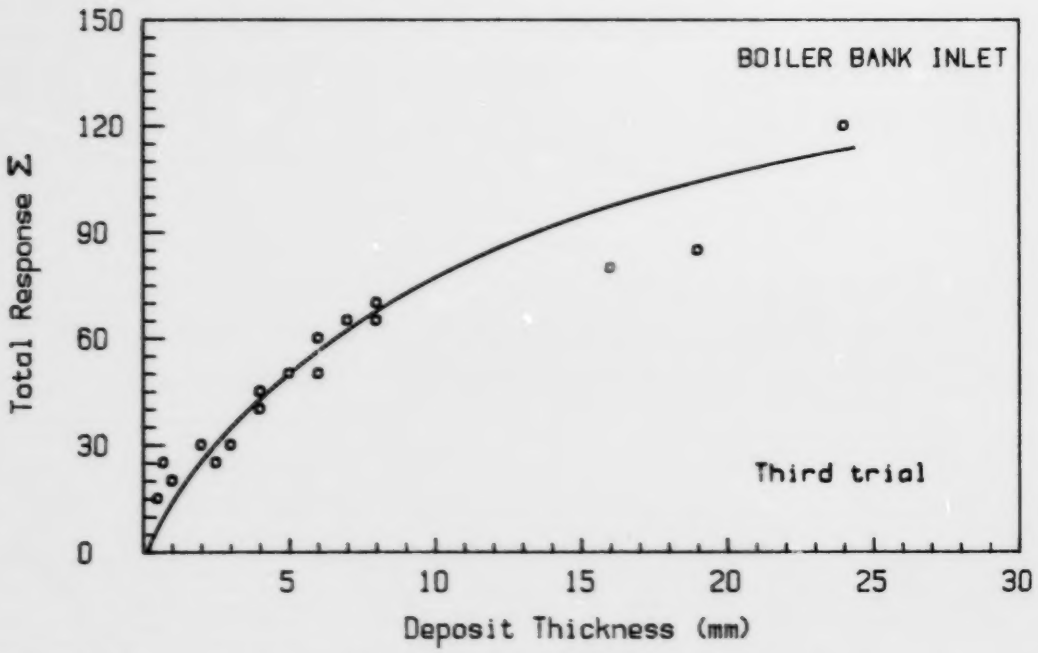


FIGURE 18 EFFECT OF DEPOSIT THICKNESS AT THE BOILER BANK INLET DURING THE THIRD TRIAL

3.4 Measurement of Flue Gas Temperatures Using sootprobe™

Figure 19 shows the flue gas temperature recorded by sootprobe™ along with that measured by the flue gas temperature probe during a three-hour run in the superheater region (experiment no. 47). The results were consistent despite the wide variation of the flue gas temperature during the experiment.

The excellent agreement of the results obtained by the two devices suggests that the sootprobe™ can also be used to continuously monitor flue gas temperatures. This is a very important feature of the sootprobe™. It provides crucial information for recovery unit control technology because high flue gas temperatures have been known to play a significant role in the rapid build-up of deposits that cause boiler plugging. Presently, no continuous measurement of flue gas temperatures prior to the generating section is available because of the highly corrosive and dirty environment. Detection of high flue gas temperature excursions at the boiler bank inlet over short periods of time would provide boiler operators with an opportunity to take appropriate preventive action.

3.5 Variation of Deposition Rate

As shown in Tables 1 and 2, the black liquor firing rate in most experiments was relatively unchanged, at about 833-908 L/min or 20% above the design capacity of the unit based on black liquor solids rating. The deposit accumulation rate, however, varied widely. Figure 20 shows the deposit accumulation rate in the superheater region during the first and second trials. For experiments performed from November 11 to November 15, 1983, the deposition rate was high and the deposit thickness seemed to reach steady state after about four hours. For experiments performed from November 20 to November 22, 1983, the deposition rate was much lower. Further, within two hours, for instance, the deposit accumulation varied from as low as almost 0 to as high as 17 mm.

The third trial results shown in Figure 21 also show a wide variation of deposit accumulation rate in the superheater region, ranging from 5 mm to 15 mm in two hours.

The wide variation in the deposit accumulation rate found at "constant" black liquor firing rate is a very important finding because the black liquor firing load has long been considered the most important parameter affecting the deposit accumulation rate. It clearly suggests that boiler operating conditions other than black liquor firing load can also have a significant effect on deposit accumulation.

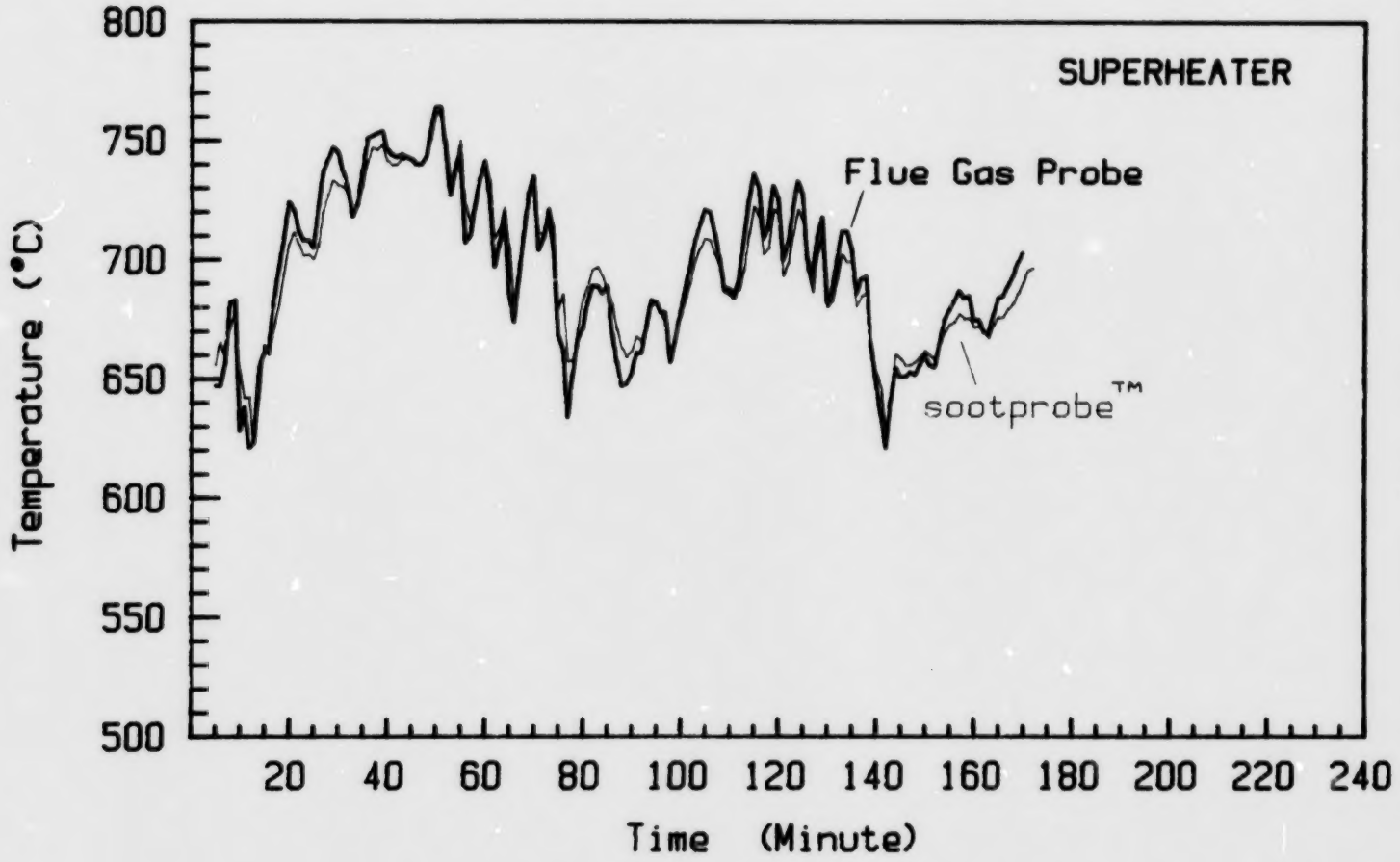


FIGURE 19 FLUE GAS TEMPERATURE DURING A 3-HOUR RUN (Experiment No. 47) MEASURED DIRECTLY AND BY sootprobe™

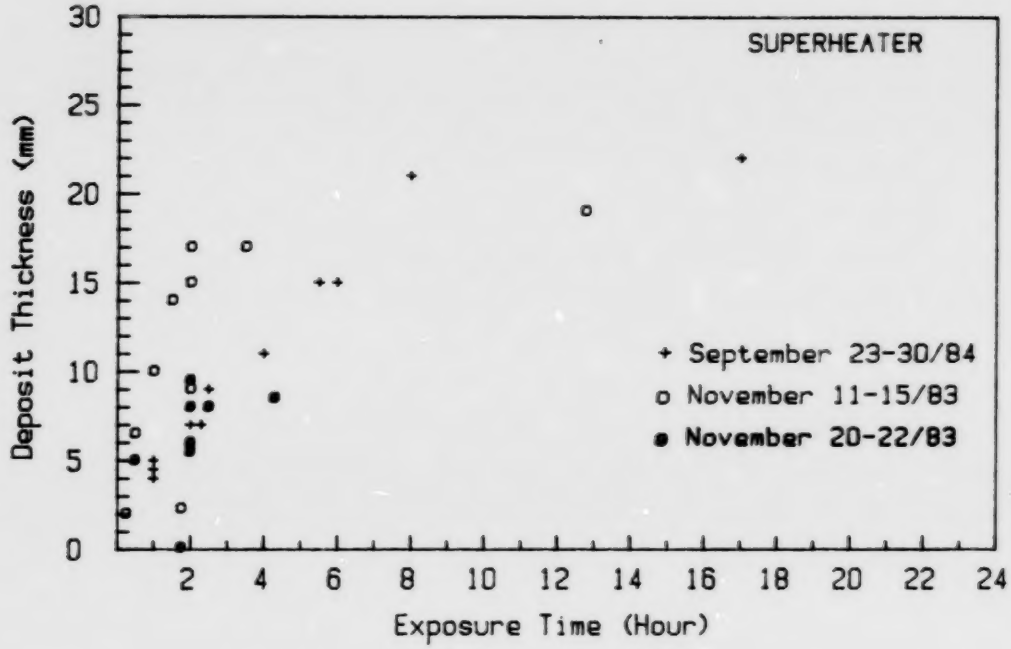


FIGURE 20 DEPOSIT ACCUMULATION ON sootprobe™ IN THE SUPERHEATER REGION DURING THE FIRST AND SECOND TRIALS

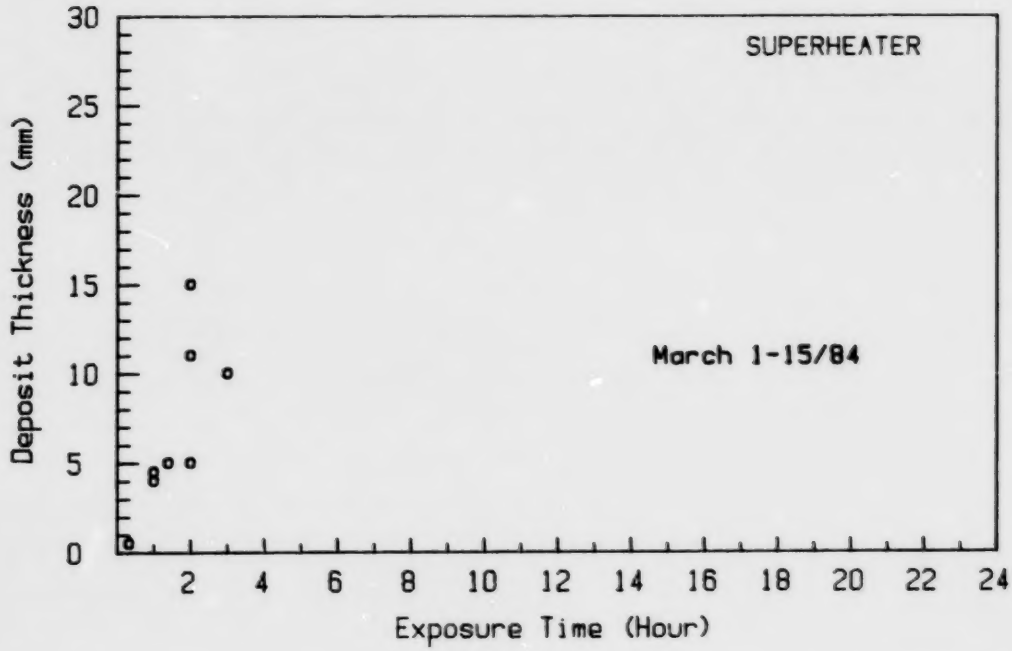


FIGURE 21 DEPOSIT ACCUMULATION ON sootprobe™ IN THE SUPERHEATER REGION DURING THE THIRD TRIAL

4 PRACTICAL APPLICATION OF sootprobe™

Deposit accumulation is a function of many variables which often interact with one another. No single operating variable can be considered as a definite cause of high deposition rate. As a result, the battles against plugging by manipulating one or two variables have not achieved much success. This is mainly because there has been no means of measuring the short-term effects of changing operating conditions.

In addition to the capability to provide boiler operators with deposit accumulation rates and flue gas temperatures continuously, the sootprobe™ can be used as a tool to measure the short-term effect of operating conditions on deposit accumulation rates and flue gas temperatures. Major operating conditions causing plugging in the individual unit can then be identified. The boiler operator can use this information to adjust firing conditions in the lower furnace to minimize deposition.

Industrial and federal government support is being sought to continue the development of the sootprobe™. In the prototype development stage, sootprobes™ will be installed in several kraft recovery units. The prototype will consist of at least two sootprobes™ (one in the superheater region and the other at the boiler bank inlet) operated simultaneously. Deposit accumulation rate and the surrounding flue gas temperature will be monitored using data acquisition coupled with specially designed computer programs. The signals will be displayed on a panel in the recovery boiler control room.

The effect of boiler operating conditions on the deposit accumulation rate will be examined and the use of the sootprobe™ for deposit control technology will be explored. The results are expected to lead to commercialization of the sootprobe™.

5 CONCLUSIONS

The results obtained from the three mill trials of the research model of the sootprobe™ show that:

1) The accumulation of deposits in the superheater and boiler bank regions in kraft recovery units can be continuously measured using sootprobe™.
2) The signal from sootprobe™ is reliable.
3) sootprobe™ can be used to monitor flue gas temperatures.
4) The deposit accumulation rates vary significantly at the same firing load.
5) sootprobe™ will provide feedback to the boiler operator so he can adjust firing conditions to minimize deposition rate.

ACKNOWLEDGEMENTS

The support of the Supply and Services Canada through its Unsolicited Proposal Program, the financial support of Environment Canada, Environmental Protection Service, and Energy, Mines and Resources Canada, and the collaboration of the kraft mill in the development of sootprobe™ are greatly appreciated.

REFERENCES

1. Reeve D.W., Tran H.N. and Barham D., "The Effluent-Free Bleached Kraft Pulp Mill. Part XI: Chemical and Thermal Properties of Recovery Boiler Superheater Fireside Deposits," Pulp and Paper Canada, 82 (9): T315 (1981).

2. Reeve D.W., Tran H.N. and Barham D., "Superheater Fireside Deposits and Corrosion in Kraft Recovery Boilers," TAPPI 64 (5): 109 (1981).

3. Tran H.N., Reeve D.W. and Barham D., "Formation of Kraft Recovery Boiler Fireside Deposits", Pulp and Paper Canada, 84 (1): T7 (1983).

4. Tran H.N., Reeve D.W. and Barham D., "Effect of Fireside Deposits on Kraft Recovery Unit Superheater Corrosion", CIM Bulletin (in press).

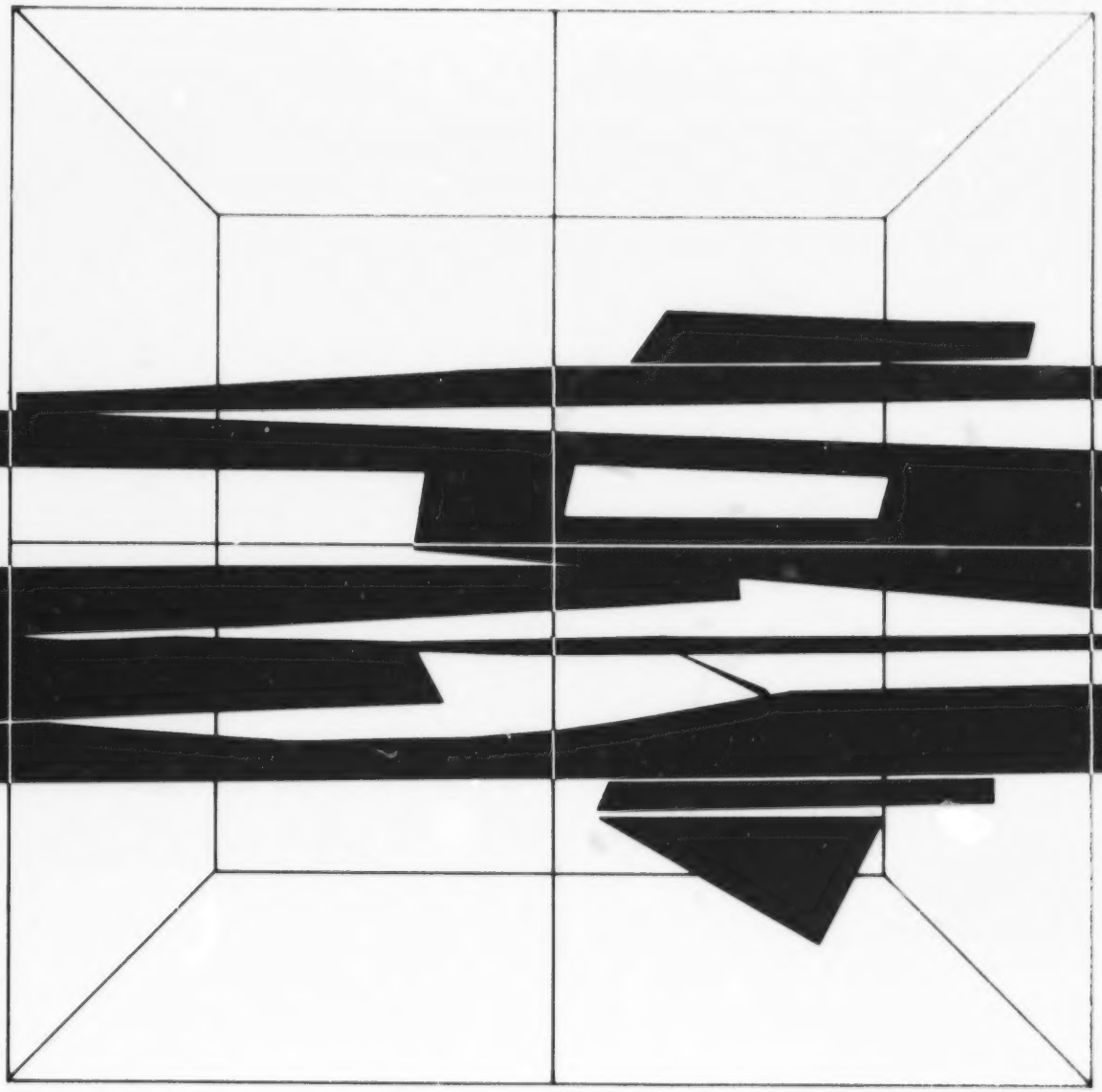
5. Tran H.N., Reeve D.W., Barham D. and Pryke D.C. "Local Reducing Atmosphere - A Significant Cause of Superheater Corrosion", To be presented at 1984 TAPPI Engineering Conference, Boston, September 1984.

6. Tran H.N. and Reeve D.W., "Kraft Recovery Unit Fireside Deposits and Plugging", Presented at The 69th CPPA Annual Meeting, Montreal, Quebec, January 1983. Pulp and Paper Canada (in press).

7 Roos T., "Conventional Black Liquor Recovery Boiler Today", 1982 Black Liquor Recovery Boiler Symposium, Helsinki, Finland, August 1982.

Technique d'élimination des dépôts dans les unités de récupération des usines de pâte kraft

Rapport SPE 3 PF 1
Décembre 1984



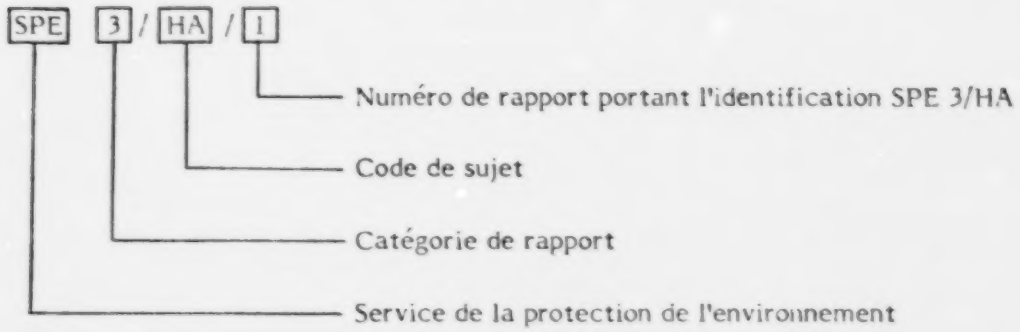
Environnement Canada
Environment Canada

Service de la protection de l'environnement
Environmental Protection Service

Canada

RAPPORTS DU SERVICE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Exemple de numérotage:



Catégories

1	Règlements/Lignes directrices/ Codes de procédure
2	Consultation publique: évaluation des problèmes, options de contrôle
3	Recherche et développement technologique
4	Revues de la documentation
5	Relevés
6	Evaluations des impacts sur l'environnement
7	Surveillance
8	Propositions, analyses et énoncés de principes généraux
9	Guides

Sujets

AG	Agriculture
AP	Polluants atmosphériques
CC	Produits chimiques commerciaux
CP	Pollution - consommateurs
FP	Traitement des aliments
HA	Déchets dangereux
IC	Chimie inorganique
MA	Pollution marine
MM	Exploitation minière et traitement des minéraux
NR	Régions du Nord
PF	Papier et fibres
PG	Production de l'électricité
PN	Pétrole et gaz naturel
SP	Déversements de pétrole et de produits chimiques
SRM	Méthode de référence normalisée
TS	Systèmes de transport
UP	Pollution urbaine

Sujets et codes additionels sont introduits au besoin. Une liste de rapports du SPE peut être obtenue en s'adressant à la Section des publications, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa (Ontario) K1A 1C8.

Centenaire des parcs nationaux
1885
1985
National Parks Centennial

1885 – 1985 : 100 ans de conservation du patrimoine

Le premier parc national du Canada a été aménagé en 1885, à Banff en Alberta. Aujourd'hui il y a des parcs nationaux et des parcs historiques nationaux dans chaque province et territoire. Le centenaire des parcs nationaux représente l'occasion de réaffirmer le désir de préserver notre patrimoine au profit de tous les Canadiens.

TECHNIQUE D'ÉLIMINATION DES DÉPÔTS DANS LES UNITÉS DE RÉCUPÉRATION DES USINES DE PÂTE KRAFT

Hoc Nghia Tran
Douglas Reeve & Associates
Toronto (Ontario)

Direction des programmes industriels
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada

Rapport SPE 3/PF/1
Décembre 1984

AVIS

Le présent rapport a été examiné par la Direction générale des programmes de protection de l'environnement du Service de la protection de l'environnement, et sa publication a été approuvée. Cette approbation ne signifie pas nécessairement que le contenu du présent rapport reflète les vues et les politiques du Service. Le fait de mentionner une marque de commerce ou des produits commerciaux ne constitue en aucune façon une recommandation ou une approbation de leur utilisation.

OBSERVATIONS

Les lecteurs qui désirent commenter le présent rapport peuvent faire parvenir leurs observations à l'adresse suivante:

M. J. Betts
Direction des programmes industriels
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1984
N° de cat. En 49-6/3-1
ISBN 0-662-53438-7
IMPRIMERIE BEAUREGARD LIMITÉE

RÉSUMÉ

Le présent rapport décrit la mise au point d'un appareil en ligne permettant de mesurer la vitesse d'accumulation des dépôts du côté du foyer du surchauffeur et de la chaudière des unités de récupération dans les usines de pâte kraft. L'accumulation de ces dépôts obstrue les passages des gaz de carneau et a pour effet ultime de restreindre la capacité des unités de récupération et par conséquent la production de l'usine de pâte. L'appareil mis au point, la sonde Sootprobe^{MD}, permet d'accroître la production de pâte grâce à une meilleure élimination des dépôts. On estime que pour une usine de pâte kraft d'une capacité nominale de 750 t/d, l'emploi de la nouvelle technique permettrait, grâce à l'augmentation de production de pâte, de réaliser un gain de 2 600 000 $ par année; elle permettrait en plus de réaliser des économies d'énergie de 200 000 $.

Les résultats de trois essais de modèles de recherche de la sonde Sootprobe^{MD} dans une usine de pâte kraft de l'Ontario montrent que:

1) L'emploi de la sonde permet de mesurer en continu l'accumulation des dépôts dans le surchauffeur et dans le faisceau de tubes de la chaudière des unités de récupération des usines de pâte kraft.
2) Le signal de la sonde est fiable.
3) La sonde peut servir à contrôler les températures des gaz de carneau.
4) La vitesse d'accumulation des dépôts dans le surchauffeur et dans le faisceau de tubes de la chaudière varie considérablement pour une même charge de lessive noire.
5) La sonde produit un signal dont le conducteur de la chaudière peut se servir pour régler les conditions de chauffe afin de réduire au minimum la vitesse d'accumulation des dépôts.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ		iii
LISTE DES FIGURES		v
LISTE DES TABLEAUX		vii
1	INTRODUCTION	1
1.1	Unités de récupération des usines de pâte kraft	1
1.2	Mécanismes de formation des dépôts	1
2	MÉTHODES ACTUELLES D'ÉLIMINATION DES DÉPÔTS	4
2.1	Souffleurs de suie	4
2.2	Contrôle des dépôts	4
2.3	Incidences économiques d'une meilleure élimination des dépôts	4
3	MISE AU POINT D'UNE NOUVELLE TECHNIQUE D'ÉLIMINATION DES DÉPÔTS	7
3.1	Conception et installation de la sonde Sootprobe^{MD}	7
3.2	La sonde Sootprobe^{MD} dans la partie inférieure du surchauffeur	9
3.2.1	Température des gaz de carneau	9
3.2.2	Le signal de réponse de la sonde Sootprobe^{MD}	12
3.2.3	Réponse totale	17
3.3	La sonde Sootprobe^{MD} dans le générateur	18
3.4	Mesure de la température des gaz de carneau à l'aide de la sonde Sootprobe^{MD}	20
3.5	Variation de la vitesse d'accumulation	22
4	UTILISATION PRATIQUE DE LA SONDE	26
5	CONCLUSION	27
REMERCIEMENTS		28
RÉFÉRENCES		29

LISTE DES FIGURES

1	UNITÉ DE RÉCUPÉRATION D'UNE USINE DE PÂTE KRAFT	2
2	SONDE SOOTPROBE^{MD} ET APPAREILLAGE DE RÉGULATION	8
3	EMPLACEMENTS DE LA SONDE DANS L'UNITÉ DE RÉCUPÉRATION	9
4	TEMPÉRATURE DES GAZ DE CARNEAU DANS LA PARTIE INFÉRIEURE DU SURCHAUFFEUR. DURÉE DE L'EXPÉRIENCE: 2 HEURES	12
5	TEMPÉRATURE DES GAZ DE CARNEAU DANS LA PARTIE INFÉRIEURE DU SURCHAUFFEUR. DURÉE DE L'EXPÉRIENCE: 3 HEURES	13
6	RÉPONSE DE LA SONDE PLACÉE PENDANT 3 HEURES DANS LA PARTIE INFÉRIEURE DU SURCHAUFFEUR	14
7	DÉPÔTS ACCUMULÉS SUR LA SONDE APRÈS 3 HEURES DE SERVICE	14
8	RÉPONSE DE LA SONDE PLACÉE PENDANT 3 HEURES DANS LA PARTIE INFÉRIEURE DU SURCHAUFFEUR	15
9	DÉPÔTS ACCUMULÉS SUR LA SONDE APRÈS 3 HEURES DE SERVICE	15
10	COUPE DES DÉPÔTS MONTRÉS À LA FIGURE 9	16
11	RÉPONSE DE LA SONDE PLACÉE PENDANT 1,75 HEURE DANS LA PARTIE INFÉRIEURE DU SURCHAUFFEUR	16
12	DÉPÔTS ACCUMULÉS SUR LA SONDE APRÈS 1,75 HEURE DE SERVICE	17
13	EFFET DE L'ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS SUR LA RÉPONSE DE LA SONDE PLACÉE DANS LA RÉGION DU SURCHAUFFEUR LORS DES PREMIER ET DEUXIÈME ESSAIS	18
14	EFFET DE L'ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS SUR LA RÉPONSE DE LA SONDE PLACÉE DANS LA RÉGION DU SURCHAUFFEUR LORS DU TROISIÈME ESSAI	19
15	RÉPONSE DE LA SONDE PLACÉE PENDANT 17 HEURES À L'ENTRÉE DU FAISCEAU DE TUBES DE LA CHAUDIÈRE	20
16	DÉPÔTS ACCUMULÉS SUR LA SONDE APRÈS 17 HEURES DE SERVICE À L'ENTRÉE DU FAISCEAU DE TUBES DE LA CHAUDIÈRE	21
17	DÉPÔTS ACCUMULÉS SUR LA SONDE APRÈS 24 HEURES DE SERVICE À L'ENTRÉE DU FAISCEAU DE TUBES DE LA CHAUDIÈRE	21
18	EFFET DE L'ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS À L'ENTRÉE DU FAISCEAU DE TUBES DE LA CHAUDIÈRE PENDANT LE TROISIÈME ESSAI	22

19 TEMPÉRATURE DES GAZ DE CARNEAU MESURÉE DIRECTEMENT ET AVEC UNE SOOTPROBE[MD] AU COURS D'UNE EXPÉRIENCE DE 3 HEURES 23

20 DÉPÔTS ACCUMULÉS SUR LA SONDE DANS LA RÉGION DU SURCHAUFFEUR PENDANT LES PREMIER ET DEUXIÈME ESSAIS 24

21 DÉPÔTS ACCUMULÉS SUR LA SONDE DANS LA RÉGION DU SURCHAUFFEUR PENDANT LE TROISIÈME ESSAI 25

LISTE DES TABLEAUX

1 CONDITIONS DE MARCHE MOYENNES DES CHAUDIÈRES PENDANT LES ESSAIS 10

2 RÉSUMÉ DES RÉSULTATS DES ESSAIS 11

1 INTRODUCTION

1.1 Unités de récupération des usines de pâte kraft

Le procédé kraft est le plus important procédé de fabrication de pâte chimique employé par l'industrie des pâtes et papiers. Le procédé fait appel à une solution aqueuse de NaOH et de Na_2S, ces deux produits constituant une lessive de cuisson qui dépastille le bois par dissolution de la lignine dans un lessiveur à haute température et sous pression. La pâte obtenue est filtrée, lavée, blanchie et sert à fabriquer du papier ou d'autres produits. La lessive usée, appelée lessive noire en raison de sa couleur, contient environ 65 p. 100 de matières solides dissoutes et est brûlée dans une unité de récupération (figure 1). Cette unité joue trois rôles principaux: elle élimine, par combustion, la lignine et les autres composants du bois dissous dans la lessive noire; elle récupère et régénère les produits chimiques inorganiques de la pâte; enfin, elle produit de la vapeur qui sert à générer de l'électricité ou fournir de la chaleur pour le procédé de fabrication.

Les unités de récupération des usines de pâte kraft sont des installations cruciales dans les usines de pâte kraft, tant du point de vue de la capacité de production, que des économies d'énergie, de la lutte antipollution et des frais d'immobilisation. La capacité de l'unité de récupération, et par conséquent la production de pâte, sont en fin de compte restreintes par l'accumulation massive de dépôts du côté combustion. Ces dépôts peuvent être à l'origine de nombreux problèmes, dont la diminution de l'efficacité du transfert de chaleur, l'accélération de la corrosion de la tubulure métallique, aussi bien celle du surchauffeur que celle de la chaudière, et enfin le bouchage des passages des gaz de carneau. L'accumulation massive des dépôts peut entraîner le bouchage complet de la chaudière et ainsi provoquer des arrêts de production imprévus qui sont fort coûteux.

1.2 Mécanismes de formation des dépôts

Les dépôts du côté de combustion se produisant dans des unités de récupération des usines de pâte kraft sont dûs à la présence en grandes quantités dans la lessive noire de matière inorganique qui, généralement, constitue entre 35 et 45 p. 100 de la matière sèche de cette lessive. Il existe deux mécanismes de formation de dépôts bien distincts: (a) le bombardement des surfaces de transfert de chaleur par des particules (entraînement) et (b) le dépôt par condensation des vapeurs de composés volatils dans la partie inférieure de l'unité (condensation). Dans la partie inférieure du surchauffeur, et tout particulièrement sur le côté au vent des tubes, le mécanisme dominant est l'entraînement et les dépôts qui s'y forment sont durs et épais. Dans la partie supérieure

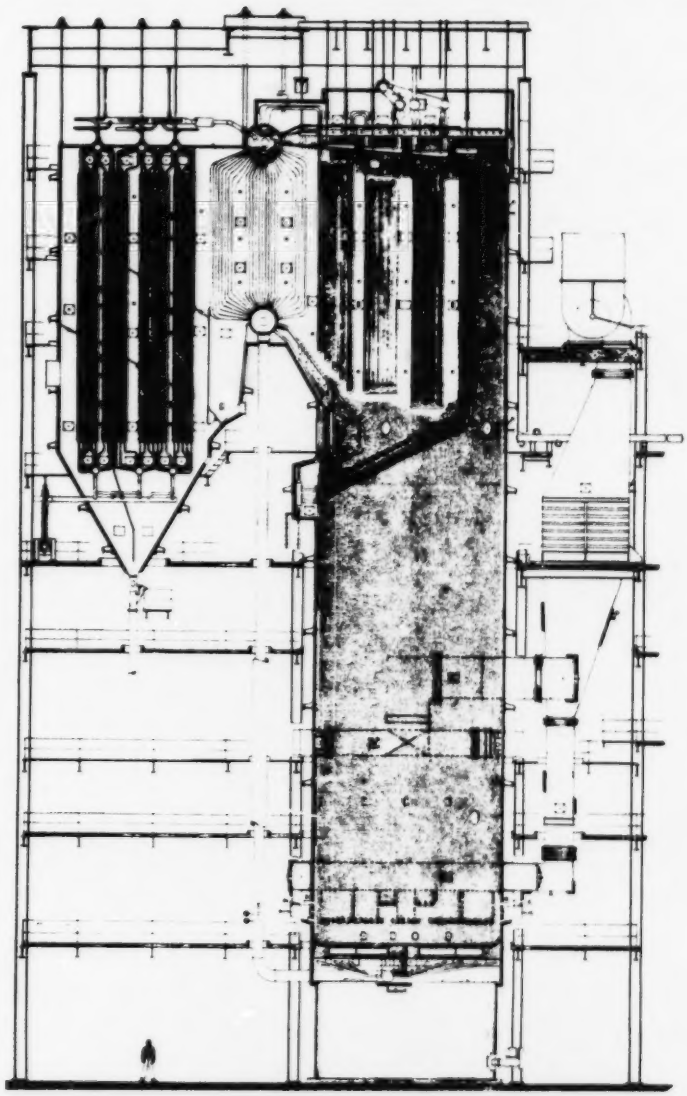


FIGURE 1 UNITÉ DE RÉCUPÉRATION D'UNE USINE DE PÂTE KRAFT

du surchauffeur, dans le générateur et dans l'économiseur, les dépôts sont formés principalement par condensation et, dans les conditions normales, ils sont blancs, friables, poudreux et d'enlèvement facile.

La chimie, la morphologie, les propriétés thermiques et mécaniques ainsi que le mécanisme de la formation des dépôts ont été l'objet d'études poussées à l'Université de Toronto au cours des cinq dernières années[1 - 3]. Ces études fondamentales ont permis de mieux comprendre les dépôts, leur formation ainsi que leurs effets sur la corrosion du surchauffeur[2, 4, 5] et sur le bouchage des passages des gaz de carneau.

2 MÉTHODES ACTUELLES D'ÉLIMINATION DES DÉPÔTS

2.1 Souffleurs de suie

Les dépôts accumulés sont éliminés au moyen de souffleurs de suie. Munis de petites buses tournantes, ces derniers injectent de la vapeur sous haute pression qui déloge les dépôts formés sur les surfaces de transfert de chaleur. La fréquence de fonctionnement des souffleurs varie en fonction de leur emplacement et des conditions de marche de la chaudière, les signaux de régulation provenant de mesures de la perte de tirage et de la température des gaz de carneau.

En règle générale, les souffleurs de suie permettent d'éliminer avec efficacité les dépôts formés par condensation, car ils sont friables et poudreux. Ils ne sont toutefois guère utiles pour éliminer les dépôts causés par entraînement car ceux-ci sont durs et résistants, particulièrement s'ils sont fondus.

Certains ont déjà tenté d'utiliser des additifs pour éliminer les dépôts massifs dans des unités fortement obstruées. On pense que les additifs modifient la chimie des dépôts, qu'ils réduisent leur cohésion et leurs propriétés adhésives et que par conséquent ils améliorent l'efficacité de l'action des souffleurs de suie. Les résultats n'ont cependant pas été concluants.

2.2 Contrôle des dépôts

L'accumulation des dépôts se mesure indirectement en mesurant la chute de pression ou la perte de tirage dans le surchauffeur, le faisceau de tubes de la chaudière et l'économiseur. De telles mesures ne permettent cependant, en règle générale, que de détecter l'accumulation massive de dépôts. Lorsque la chute de pression devient anormalement élevée, il est souvent trop tard pour prendre de quelconques mesures préventives car la plupart des passages des gaz de carneau sont déjà obstrués et les dépôts ont suffisamment durci pour résister à l'action des souffleurs de suie.

Récemment, des systèmes de contrôle informatisés ont été mis au point dans le but d'optimaliser l'action des souffleurs de suie. L'accumulation des dépôts est surveillée de façon continue en mesurant la perte de tirage, la chute de température des gaz ou encore le transfert de chaleur à l'eau de l'économiseur ou à la vapeur du surchauffeur. Toutes ces mesures, toutefois, ne donnent qu'une indication grossière de l'accumulation des dépôts, tout particulièrement dans les grandes chaudières.

2.3 Incidences économiques d'une meilleure élimination des dépôts

Une meilleure élimination des dépôts permettrait: (a) d'abaisser la consommation de vapeur par les souffleurs de suie; (b) de réduire le nombre d'arrêts forcés pour

des fins de nettoyage de l'unité de récupération; (c) d'améliorer le rendement thermique de l'unité de récupération; et (d) d'accroître la capacité de l'unité de récupération et donc la capacité de production de pâte.

Les souffleurs de suie consomment "grosso modo" 6 p. 100 de la vapeur totale produite par l'unité de récupération. Une réduction de 20 p. 100 de cette consommation permettrait de réaliser, pour une usine, des économies de 200 000 $ par année.

Les chaudières bouchées par les dépôts doivent être arrêtées et nettoyées, et chaque fois la production cesse, pendant parfois deux jours. La perte de revenus pour une usine de pâte kraft d'une capacité de 750 t/d est d'environ 300 000 $ par arrêt.

Dans de nombreuses usines qui ne comptent qu'une seule chaîne de production, l'unité de récupération constitue un goulot d'étranglement. Tout gain de capacité est de plus en plus appréciable car les coûts de la réalisation de nouvelles usines ont considérablement augmenté, d'une part, et parce que, d'autre part, la rareté des approvisionnements en bois impose l'augmentation des capacités actuelles plutôt que la mise en service de nouvelles usines. Il existe de nombreux facteurs qui limitent la capacité d'une unité mais l'un des plus importants est le bouchage des passages des gaz de carneau. Toute augmentation de la charge de lessive noire brûlée dans l'unité de récupération entraîne une augmentation de la formation des dépôts. Enfin, l'augmentation de la température des gaz de carneau résultant de l'accroissement de la charge de lessive brûlée a souvent pour effet d'accélérer considérablement le bouchage de la chaudière. Une aug nentation de 5 p. 100 de la capacité d'une usine de 750 t/d permettrait d'accroître ses revenus d'environ 2 600 000 $ par année.

Dans certains cas, les surfaces de transfert de chaleur de l'unité de récupération ne suffisent pas à extraire la quantité voulue de chaleur des gaz de carneau, les gaz évacués dans la cheminée étant plus chauds qu'il n'est nécessaire. Une augmentation de 1 p. 100 du rendement thermique de ces surfaces permettrait une économie supplémentaire de 200 000 $ en vapeur pour une usine de taille moyenne. Enfin, à long terme, une meilleure élimination des dépôts permettrait de réduire la superficie des surfaces de transfert de chaleur, et par conséquent la taille des unités de récupération ainsi que leur coût.

Il existe environ 770 unités de récupération dans les usines de pâte kraft au monde, dont plus de la moitié en Amérique du Nord[7]. Le Canada compte environ 75 unités de récupération réparties dans cinquante usines. Si 20 p. 100 des usines canadiennes se dotaient de meilleurs moyens d'élimination des dépôts, comme nous le

décrivons ci-dessus, l'industrie pourrait économiser en vapeur 2 000 000 $ par année, ou accroître ses revenus de 3 000 000 $ par année en raison de la réduction du nombre d'arrêts forcés, ou encore accroître ses revenus de 27 000 000 $ grâce à l'augmentation de la capacité de production.

3 MISE AU POINT D'UNE NOUVELLE TECHNIQUE D'ÉLIMINATION DES DÉPÔTS

Il n'existait à ce jour aucun moyen direct permettant de mesurer l'accumulation des dépôts dans les unités de récupération des usines de pâte kraft. Le conducteur de la chaudière n'avait aucune idée de l'importance du phénomène d'entraînement dans la partie supérieure de sa chaudière à un moment donné. Pourtant, cette information est particulièrement importante car les variations à court terme des conditions de marche de la chaudière peuvent avoir un effet déterminant sur son bouchage. La présence, même pendant de courtes périodes, d'un fort entraînement ou d'une température élevée peut entraîner le bouchage rapide de la chaudière.

La maison Douglas Reeve & Associates, grâce au programme des propositions spontanées d'Approvisionnements et Services Canada et grâce à l'aide financière du Service de la protection de l'environnement d'Environnement Canada, est en train de mettre au point une nouvelle technique d'élimination des dépôts qui repose sur la sonde Sootprobe[MD], instrument qui mesure en ligne la vitesse d'accumulation des dépôts du côté combustion du surchauffeur et de la chaudière des unités de récupération des usines de pâte kraft. La sonde produit, en continu, des données sur la vitesse d'accumulation des dépôts et sur la température des gaz de carneau dans le surchauffeur et le faisceau de tubes de la chaudière des unités de récupération.

Trois essais ont été menés dans la chaudière de récupération d'une usine de pâte kraft de l'Ontario afin de vérifier la performance du modèle expérimental de cette sonde. Le premier essai a eu lieu en septembre 1983 et le deuxième en novembre 1983. Dans ces deux essais, la plupart des expériences ont été faites dans le surchauffeur. Le troisième essai a eu lieu en mars 1984. Dans le cadre de ce dernier essai, les expériences ont été réalisées surtout à l'entrée du faisceau de tubes de la chaudière.

3.1 Conception et installation de la sonde Sootprobe[MD]

La figure 2 illustre le montage de la sonde expérimentale et de son appareillage de régulation du débit d'air de refroidissement. Le choix et le nombre des points de montage de la sonde sont parfois limités par le nombre d'ouvertures existantes ou possibles de l'unité de récupération. Dans les essais, la sonde a été montée à trois emplacements, l'un dans la partie inférieure du surchauffeur et les deux autres dans le générateur, comme il est montré à la figure 3.

La durée de mise en service de la sonde a varié de 15 minutes à 24 heures, mais était de 2 heures dans la plupart des expériences. À la fin de chacune, la sonde était

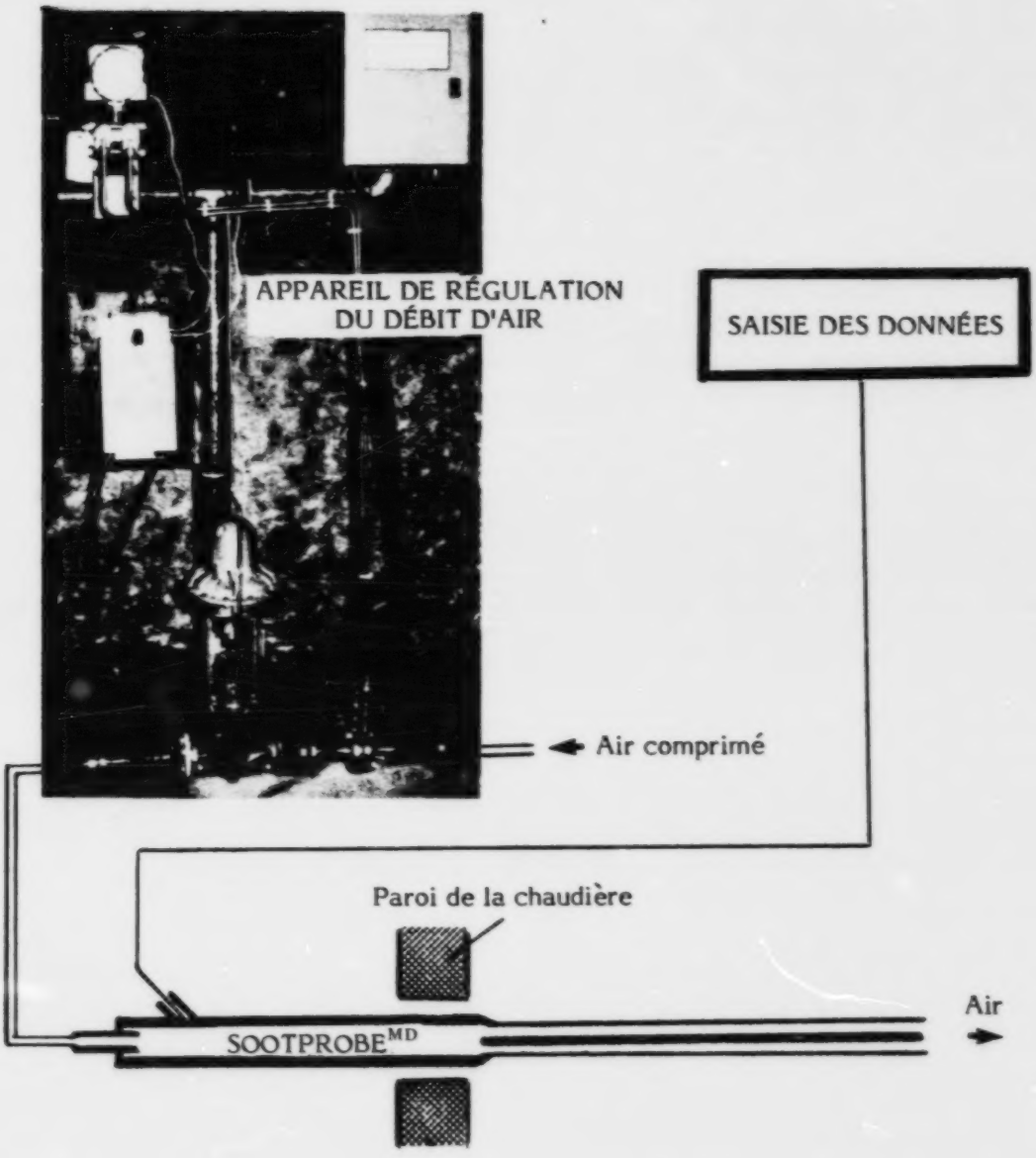


FIGURE 2 SONDE SOOTPROBE^{MD} ET APPAREILLAGE DE RÉGULATION

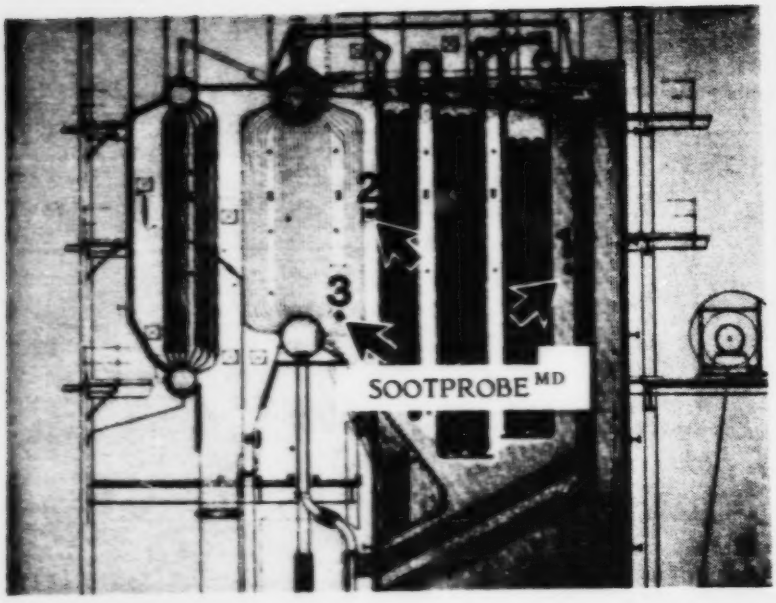


FIGURE 3 EMPLACEMENTS DE LA SONDE DANS L'UNITÉ DE RÉCUPÉRATION

1. Surchauffeur
2. Entrées du faisceau de tubes de la chaudière
3. Faisceau de tubes de la chaudière

retirée de la chaudière et photographiée. L'épaisseur des dépôts était mesurée et la sonde était nettoyée.

Les conditions de marche de la chaudière pendant ces essais sont résumées au tableau 1. Elles ont peu varié, sauf la charge de lessive noire, qui a été de 908 l/mn au cours du troisième essai comparativement à 852 l/mn au cours des deux premiers essais.

Les résultats des essais sont résumés au tableau 2.

3.2 La sonde Sootprobe MD dans la partie inférieure du surchauffeur

3.2.1 Température des gaz de carneau.- La température des gaz de carneau des unités de récupération varie considérablement. Dans la partie inférieure du surchauffeur de l'unité ayant servi aux essais, la température moyenne des gaz de carneau allait de 650 °C à faible charge (683 l/mn) jusqu'à environ 780 °C à charge élevée (870 l/mn).

TABLEAU 1 CONDITIONS DE MARCHE MOYENNES DES CHAUDIÈRES PENDANT LES ESSAIS

	Premier essai (23 - 30 sept. 1983)	Deuxième essai (11 - 22 nov. 1983)	Troisième essai (1er-15 mars 1984)
Lessive noire			
Charge (l/mn)	871	852	908
Matières sèches (%)	60	62	63
Pouvoir calorifique (kJ/kg de matières sèches)	14 886	-	-
Pression manométrique à la buse (kPa)	117	110	110
Température à la buse (°C)	125	125	124
Air			
Débit de l'air primaire (Arbitraire)	150	140	130
Débit total d'air (Arbitraire)	260	250	270
Température (°C)	111	108	119
Vapeur			
Température (°C)	486	480	480
Pression manométrique (kPa)	6 070	5 930	5 930
Production (kg/h)	122 470	113 400	113 400
Température des gaz de carneau (°C)			
Surchauffeur	789	766	766
Entrée du faisceau de tubes de la chaudière	-	-	-
Sortie du faisceau de tubes de la chaudière	-	-	-
Sortie de l'économiseur	-	-	-

La figure 4 montre la variation de la température des gaz de carneau dans la partie inférieure du surchauffeur pour une période de deux heures (expérience nº 26). Cette température a été mesurée à l'aide d'une sonde thermométrique spéciale située à côté de la sonde Sootprobe[MD]. Au cours de cette expérience, la charge de la chaudière était de 833 l/mn de lessive noire. La température des gaz de carneau était relativement constante, s'y situant aux environs de 700 °C - 750 °C. La basse température enregistrée vers la trentième minute a été causée par une perturbation de la chaudière inférieure, dont l'alimentation en lessive avait été interrompue par le bouchage des conduites.

TABLEAU 2 RÉSUMÉ DES RÉSULTATS DES ESSAIS

Expérience nº	Date	Début de l'expérience	Emplacement de la sonde	Débit de la lessive noire (l/mn)	Matières sèches (%)	Durée de l'expérience (heures)	Épaisseur du dépôt (mm)	Σ
Premier essai								
1	830923	11 h 44	SH	871	63,5	18,5	–	85
2	830923	16 h 15	SH	833 - 871	63	17	22	70
3	830924	12 h 16	SH	833	63	1	5	30
4	830924	12 h 16	SH	833	63	5,5	–	55
5	830925	13 h 13	SH	833	63	2	–	40
6	830926	12 h 49	SH	889	63,5	3	–	60
7	830927	11 h 49	SH	871	64,5	2,3	7	45
8	830928	9 h 47	SH	700	64,5	2	7	–
9	830928	12 h 27	SH	889	63	2	8	60
10	830929	9 h 27	SH	889	64	2,5	9	50
11	830929	16 h 09	SH	889	61	1	4	40
12	830929	16 h 09	SH	871 - 908	62	8	21	90
13	830930	12 h 43	BB	–	–	8	–	75
14	830930	9 h 29	SH	–	–	4	11	70
Deuxième essai								
16	841111	19 h 50	SH	833 - 871	62	12,75	19	110
17	831112	11 h 25	SH	719 - 795	63	1,75	2,3	20
18	831114	10 h 36	SH	833	61	3,5	17	90
19	831114	15 h 08	SH	833	63	2,0	17	70
20	831114	17 h 34	SH	833	63	1,0	10	50
21	831115	10 h 47	SH	871	62	0,5	6,5	35
22	831115	11 h 15	SH	871	62	0,25	2	30
23	831115	12 h 26	SH	871	62	1,5	14	–
24	831115	14 h 34	SH	908	62,5	2	9	55
25	831115	17 h 12	SH	889	61,5	2	15	60
26	831120	9 h 00	SH	871	63	2	8	55
27	831120	12 h 00	SH	871	61,5	2	9,5	70
28	831120	14 h 50	SH	871	61,5	2	6	55
29	831120	17 h 50	SH	833	61,0	0,5	5	–
30	831120	19 h 09	BB	833	61	2	–	35
31	831121	11 h 09	SH	871	61	1,75	0 - 0,5	10
32	831121	13 h 52	SH	871	62	2	5,5	35
33	831121	16 h 37	SH	852	61	4,3	8,5	50
34	831121	22 h 26	BB	852	60,5	2,5	–	–
35	831122	9 h 40	SH	833	61	2,5	8	40
Troisième essai								
36	840303	17 h 24	SH	908	63,0	2	15	110
37	840304	20 h 22	SH	908	61,5	1	4	55
38	840304	9 h 27	SH	908	61,5	2	11	100
39	840304	12 h 12	BBI	908	62	3	<1	15
40	840304	12 h 12	BBI	908	62	22	8	70
41	840305	11 h 04	BBI	908	63	5	2	30
41a	840305	11 h 04	BBI	908	63	11	6	60
41b	840305	11 h 04	BBI	908	63	23,5	7	65
42	840306	17 h 23	BBI	568 - 871	63,5	18,6	–	65
43	840307	16 h 37	BBI	871	–	17	6	50
44*	840308	11 h 30	BBI	–	–	5,5	6	–
45	840308	17 h 05	BBI	643 - 833	62	16	2 - 3	25
46	840309	11 h 07	SH	908	63,5	2	5	40
47	840309	14 h 07	SH	908	62,5	3	10	85
48	840309	17 h 16	SH	568 - 908	63,1	–	–	–
49	840311	8 h 52	BBI	908	60,5	3	1	20
49a	840311	8 h 52	BBI	908	62	8,4	1	20
49b	840311	8 h 52	BBI	908	62	24	16	80
50	840312	10 h 12	BBI	908	62	1,5	3	30
50a	840312	10 h 12	BBI	908	62	5,8	19	85
51	840312	16 h 36	BBI	908	62,5	1	5	50
51a	840312	16 h 36	BBI	908	62,5	17	24	120
52	840313	10 h 37	BBI	908	63	0,5	<1	25
52a	840313	10 h 37	BBI	908	63	1,4	4	45
52b	840313	10 h 37	BBI	908	63	4	8	65
53	840313	15 h 12	BBI	927	63,5	0,83	4	40
54	840313	16 h 42	SH	927	63,0	0,33	<1	0
55	840314	10 h 27	SH	871	66	1	4,5	40
55a	840314	10 h 27	SH	871	66	1,4	5	45

Σ: Réponse totale de la Sootprobe[MD].
SH: Partie inférieure du surchauffeur.
Remarque. – BB: Faisceau de tubes de la chaudière.
*: Refroidissement de l'air.
BBI: Entrée du faisceau de tubes de la chaudière.
–: Non disponible.

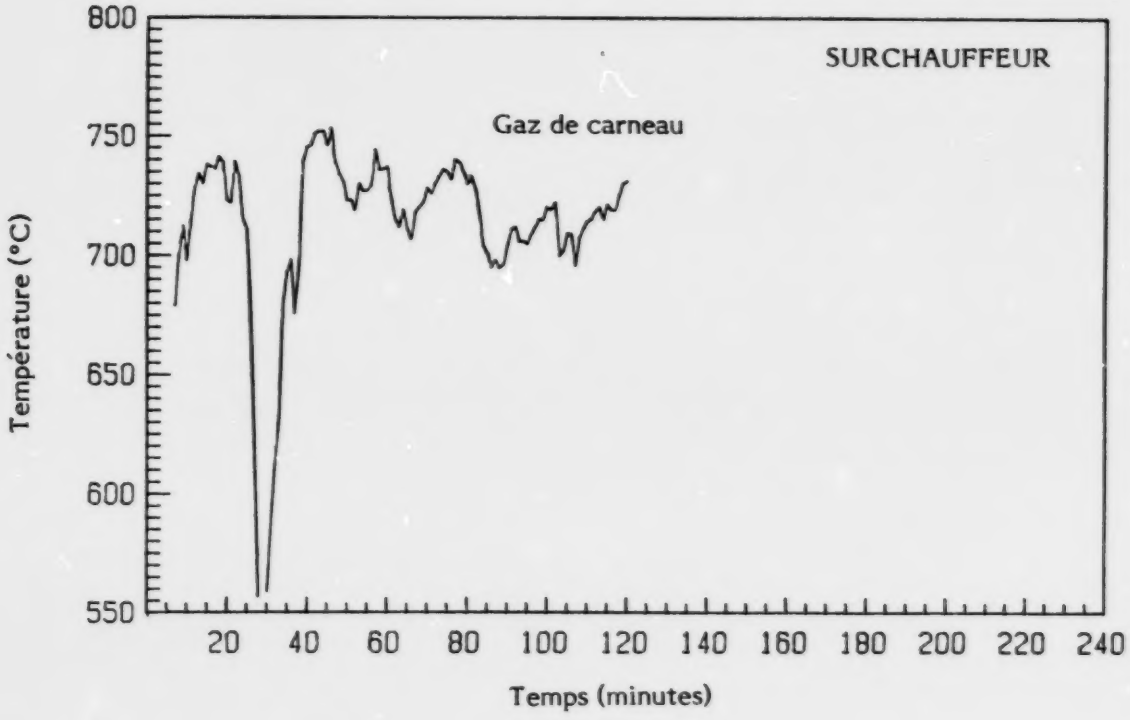


FIGURE 4 TEMPÉRATURE DES GAZ DE CARNEAU DANS LA PARTIE INFÉRIEURE DU SURCHAUFFEUR. DURÉE DE L'EXPÉRIENCE: 2 HEURES (expérience nº 26)

Dans certaines expériences, une variation importante à court terme de la température des gaz de carneau a été observée. Ainsi, la figure 5 montre une grande fluctuation de la température des gaz de carneau au cours d'une période de trois heures (expérience nº 47). Pourtant la charge de lessive noire de l'unité était constante (908 l/mn).

3.2.2 Le signal de réponse de la sonde Sootprobe[MD].- La sonde produit un signal qui varie avec l'épaisseur des dépôts accumulés sur elle: plus les dépôts sont épais, plus le signal est grand. La figure 6 montre la variation du signal obtenu au cours de l'expérience nº 47. On constate que la valeur du signal augmente dans le temps à mesure que les dépôts se font plus épais. La figure 7 montre l'apparence de la sonde après cette exposition de trois heures. Le côté sous le vent de la sonde n'est recouvert que d'une mince couche (moins de 0,5 mm) de dépôts poudreux blancs, alors que sur le côté au vent, les dépôts sont épais (10 mm), durs et tenaces.

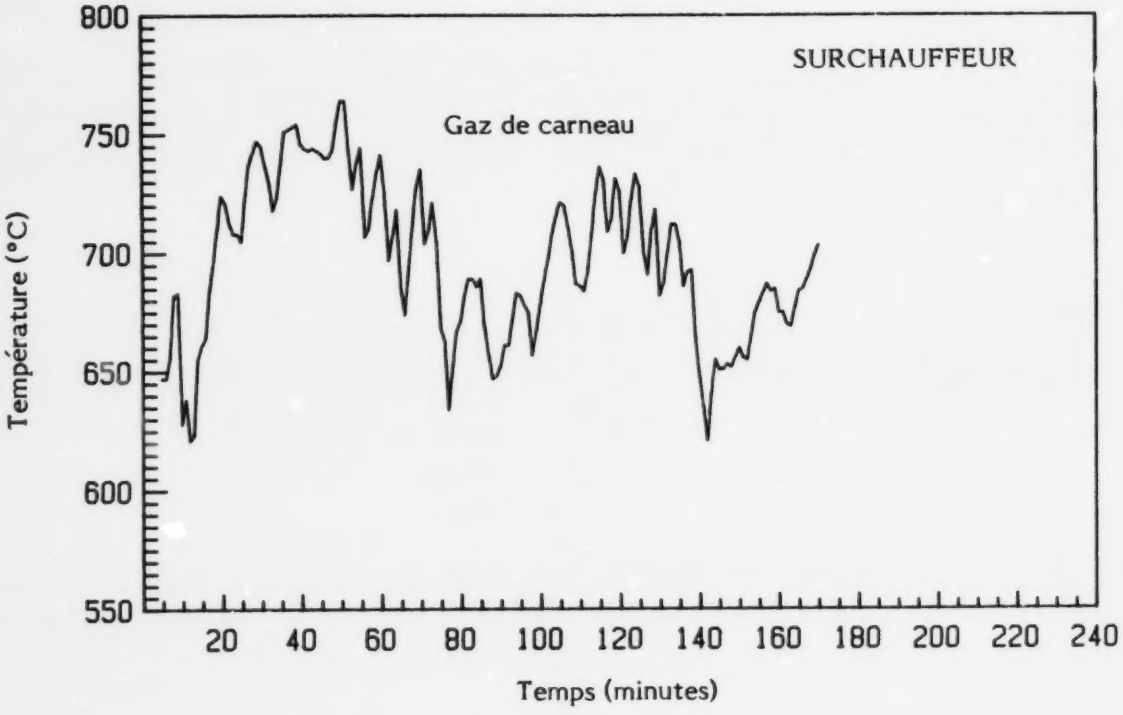


FIGURE 5 TEMPÉRATURE DES GAZ DE CARNEAU DANS LA PARTIE INFÉRIEURE DU SURCHAUFFEUR. DURÉE DE L'EXPÉRIENCE: 3 HEURES (expérience nº 47)

Dans certaines autres expériences, la vitesse d'accumulation des dépôts était beaucoup plus grande. Au cours d'une expérience de trois heures (expérience nº 18) par exemple, le signal de la sonde augmentait rapidement avec le temps (figure 8). La figure 9 montre l'apparence des dépôts accumulés au cours de cette expérience. Sur le côté sous le vent, les dépôts sont minces et blancs, comme dans l'expérience antérieure, mais sur le côté au vent, les dépôts sont roses et beaucoup plus épais, soit environ 17 mm (figure 10).

Dans l'expérience nº 31, la sonde a été en service pendant presque deux heures. La charge de la chaudière était de 871 l/mn de lessive noire, soit de 20 p. 100 supérieure à sa capacité nominale. La réponse n'a presque pas varié, comme le montre la figure 11, ce qui laisse entendre qu'il n'y avait pas accumulation de dépôts, ou très peu. Cette hypothèse a de fait été confirmée par l'examen de la sonde après l'expérience. On

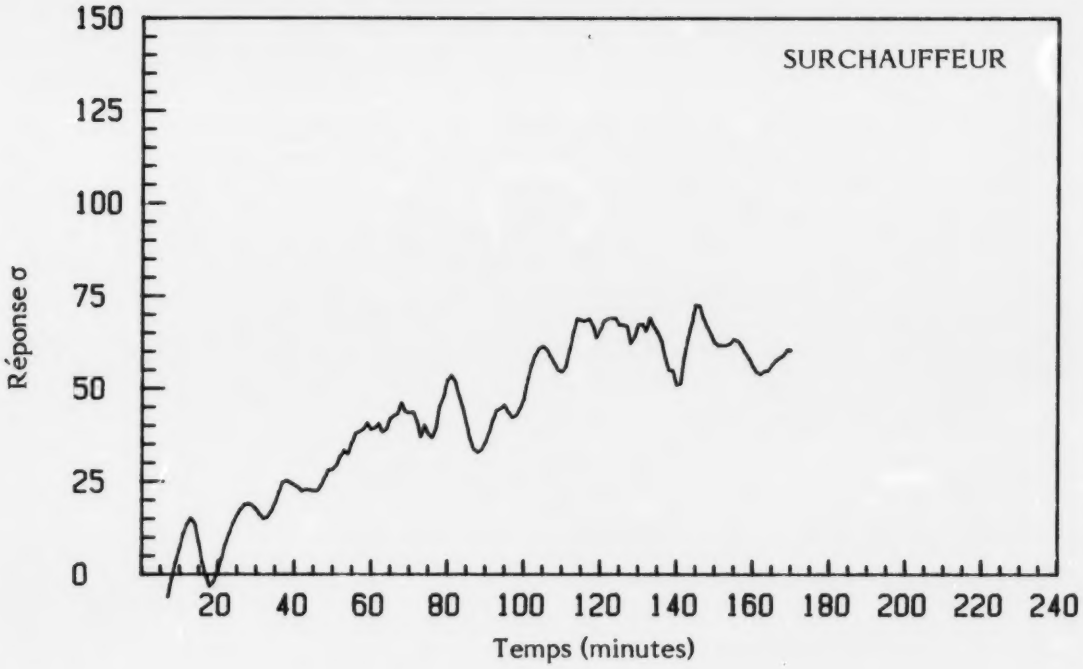


FIGURE 6 RÉPONSE DE LA SONDE PLACÉE PENDANT 3 HEURES DANS LA PARTIE INFÉRIEURE DU SURCHAUFFEUR (expérience nº 47)

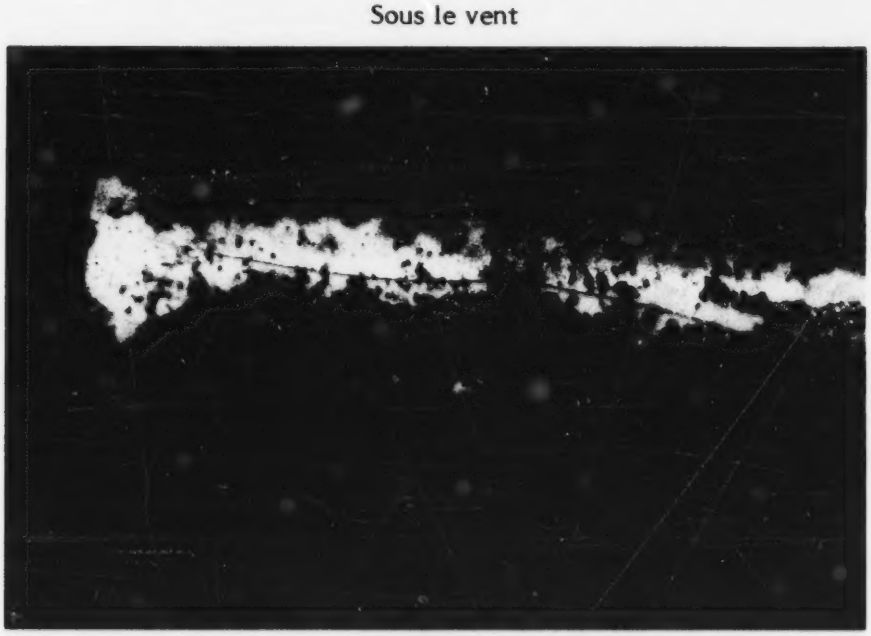


FIGURE 7 DÉPÔTS ACCUMULÉS SUR LA SONDE APRÈS 3 HEURES DE SERVICE (expérience nº 47)

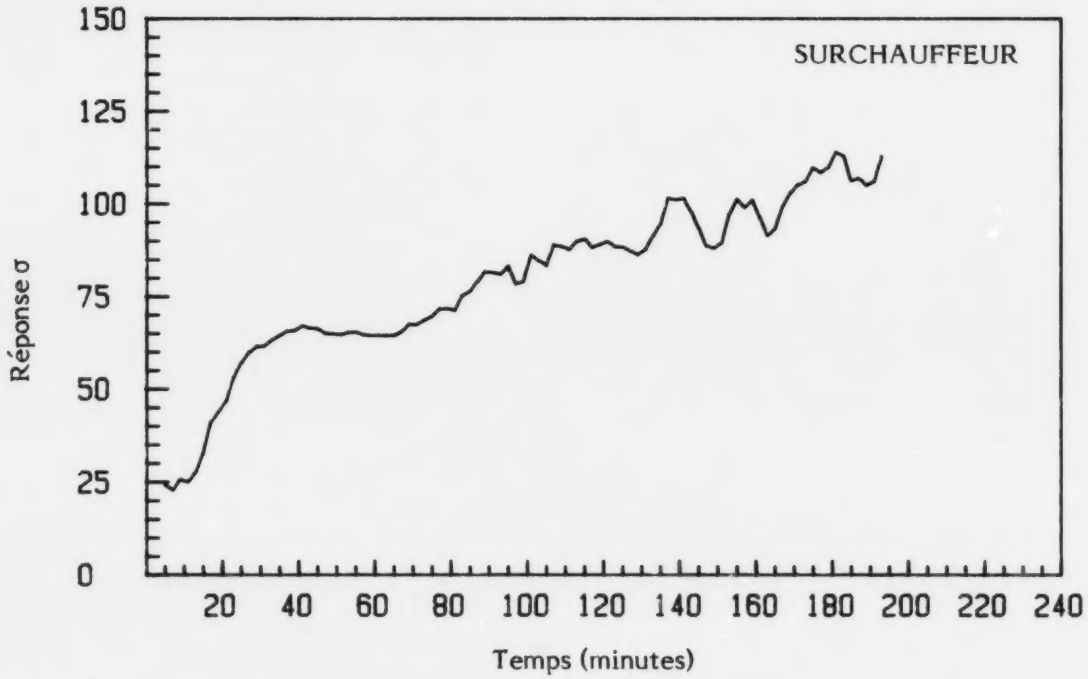


FIGURE 8 RÉPONSE DE LA SONDE PLACÉE PENDANT 3 HEURES DANS LA PARTIE INFÉRIEURE DU SURCHAUFFEUR (expérience nº 18)

FIGURE 9 DÉPÔTS ACCUMULÉS SUR LA SONDE APRÈS 3 HEURES DE SERVICE (expérience nº 18)

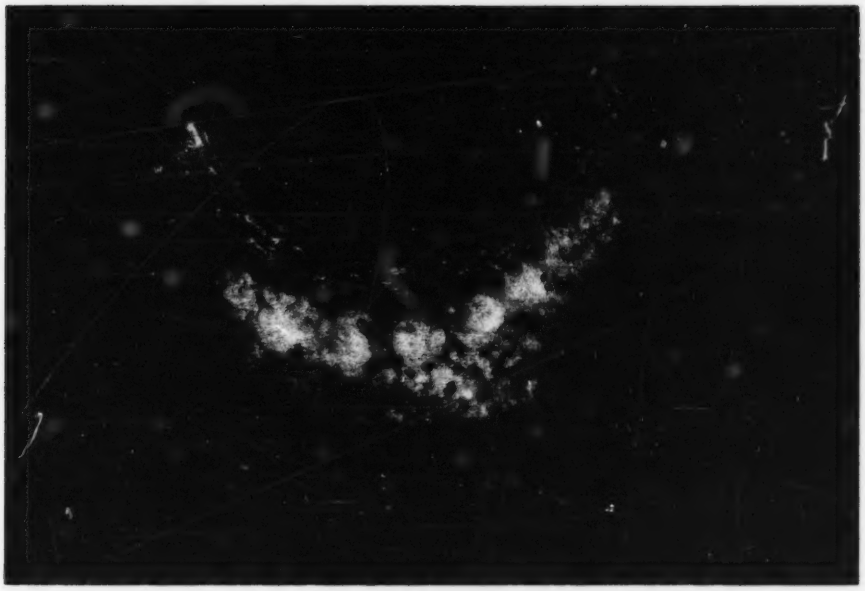


FIGURE 10 COUPE DES DÉPÔTS MONTRÉS À LA FIGURE 9

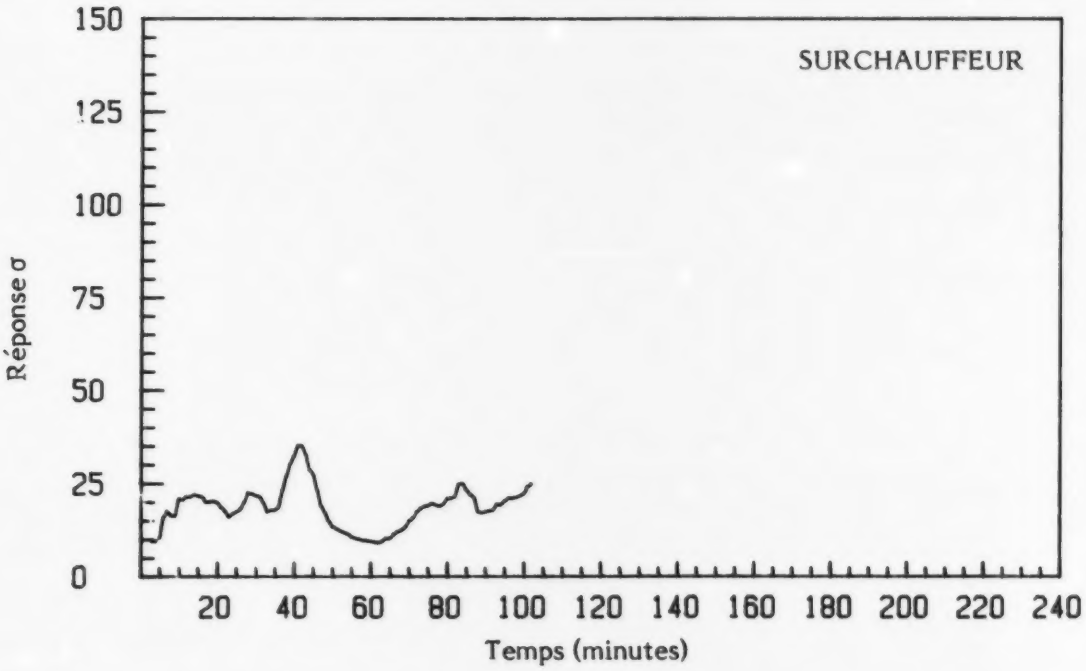


FIGURE 11 RÉPONSE DE LA SONDE PLACÉE PENDANT 1,75 HEURE DANS LA PARTIE INFÉRIEURE DU SURCHAUFFEUR (expérience nº 31)

n'a constaté la présence que de dépôts très minces (figure 12). Une réponse semblable a aussi été observée quand la sonde était placée dans le générateur, pour un temps d'exposition différent.

L'augmentation du signal de la sonde à mesure qu'épaississent les dépôts est une caractéristique extrêmement importante de la sonde. On peut en effet conclure que la sonde produit un signal fiable correspondant à la vitesse d'accumulation des dépôts.

3.2.3 Réponse totale.- La réponse totale Σ au temps t est définie comme étant la valeur absolue de l'écart entre la réponse initiale et la réponse au temps t, c'est-à-dire

$$\Sigma = |\sigma_i - \sigma_t|$$

où σ_i et σ_t sont respectivement la réponse initiale et la réponse au temps t.

Comme elle est relative à la réponse initiale et indépendante du temps, la réponse totale Σ est une meilleure indication de l'accumulation des dépôts que la réponse à un instant quelconque.

La figure 13 montre l'allure de la réponse totale dans le surchauffeur à la fin de chacune des expériences des premier et deuxième essais, en fonction de l'épaisseur des

Sous le vent

Au vent

FIGURE 12 DÉPÔTS ACCUMULÉS SUR LA SONDE APRÈS 1,75 HEURE DE SERVICE (expérience nº 31)

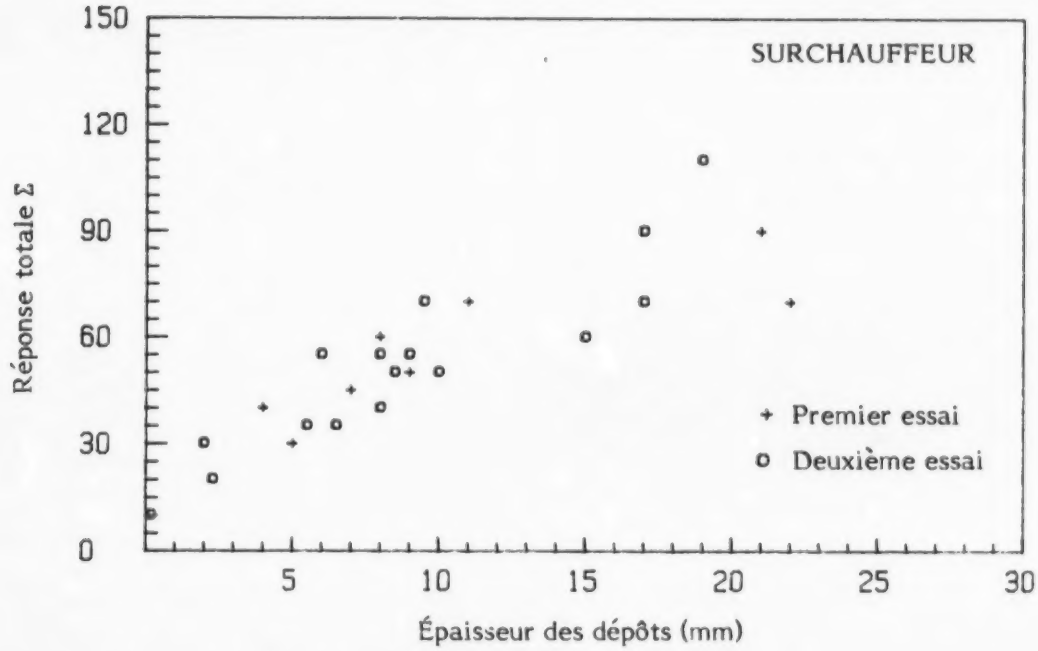


FIGURE 13 EFFET DE L'ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS SUR LA RÉPONSE DE LA SONDE PLACÉE DANS LA RÉGION DU SURCHAUFFEUR LORS DES PREMIER ET DEUXIÈME ESSAIS

dépôts. Bien qu'elles soient quelque peu dispersées, les données indiquent clairement que la réponse totale s'accroît avec l'épaisseur des dépôts. De façon semblable, la figure 14 montre l'allure de la réponse totale pour les expériences menées dans le surchauffeur au cours du troisième essai, en fonction toujours de l'épaisseur des dépôts.

3.3 La sonde Sootprobe MD dans le générateur

Dans le générateur, la température des gaz de carneau est plus basse que dans le bas du surchauffeur de sorte que les particules entraînées ont moins fondu et qu'elles ne sont pas aussi collantes. Les dépôts s'accumulent donc moins vite dans cette région.

La plupart des expériences menées dans le générateur l'ont été dans le cadre du troisième essai (tableau 2). Les conditions de service de la sonde ont été ajustées de façon à simuler le faisceau de tubes d'une chaudière. La figure 15 montre la réponse de la sonde en service à l'entrée du faisceau de tubes de la chaudière pendant 17 heures (expérience nº 51). La valeur du signal augmente régulièrement à mesure que s'accroît

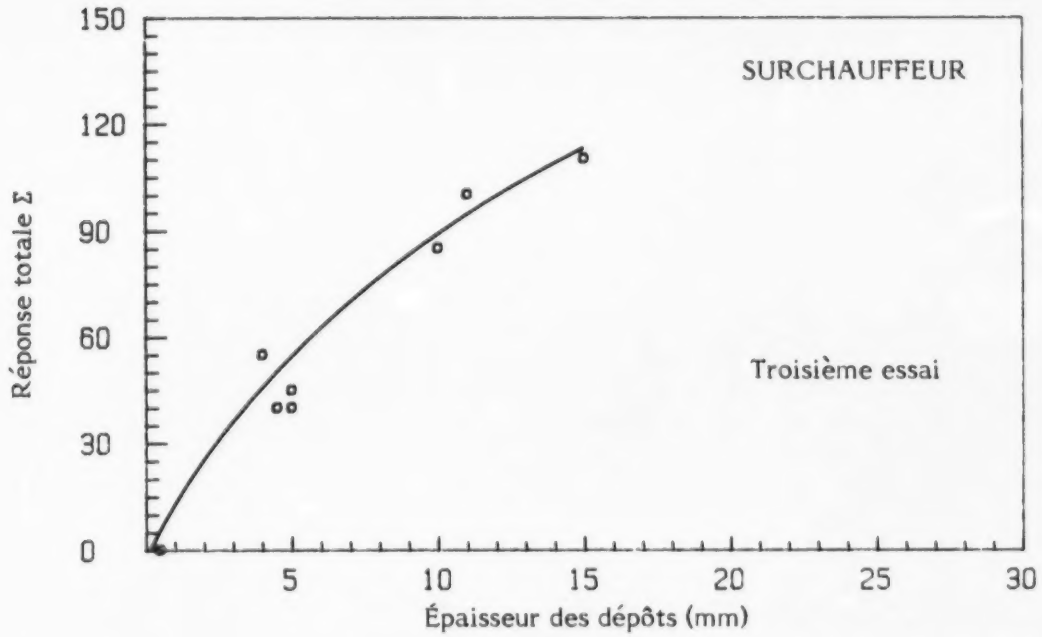


FIGURE 14 EFFET DE L'ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS SUR LA RÉPONSE DE LA SONDE PLACÉE DANS LA RÉGION DU SURCHAUFFEUR LORS DU TROISIÈME ESSAI

l'épaisseur des dépôts. L'épaisseur des dépôts sur le côté sous le vent de la sonde était de 5 mm environ au bout d'une heure et 24 mm environ après 17 heures (figure 16). La réponse totale était d'allure semblable, soit 50 au bout d'une heure et 120 après 17 heures.

Dans certaines expériences, les dépôts s'accumulaient beaucoup moins vite, et la réponse totale était en conséquence aussi moins importante. Ainsi, dans l'expérience n° 41, l'épaisseur des dépôts n'était que de 2 mm au bout de 5 heures et de 7 mm après 24 heures (figure 17). La réponse totale était aussi beaucoup plus petite, soit respectivement 30 et 65. Cela est une nouvelle confirmation que la sonde produit un signal fiable correspondant à la quantité des dépôts accumulés.

La figure 18 illustre graphiquement la réponse totale, à la fin de chacune des expériences menées à l'entrée du faisceau de tubes de la chaudière dans le cadre du troisième essai, en fonction de l'épaisseur des dépôts. Comme c'était le cas dans la région du surchauffeur, les données indiquent clairement que plus les dépôts sont épais, plus la réponse totale est grande.

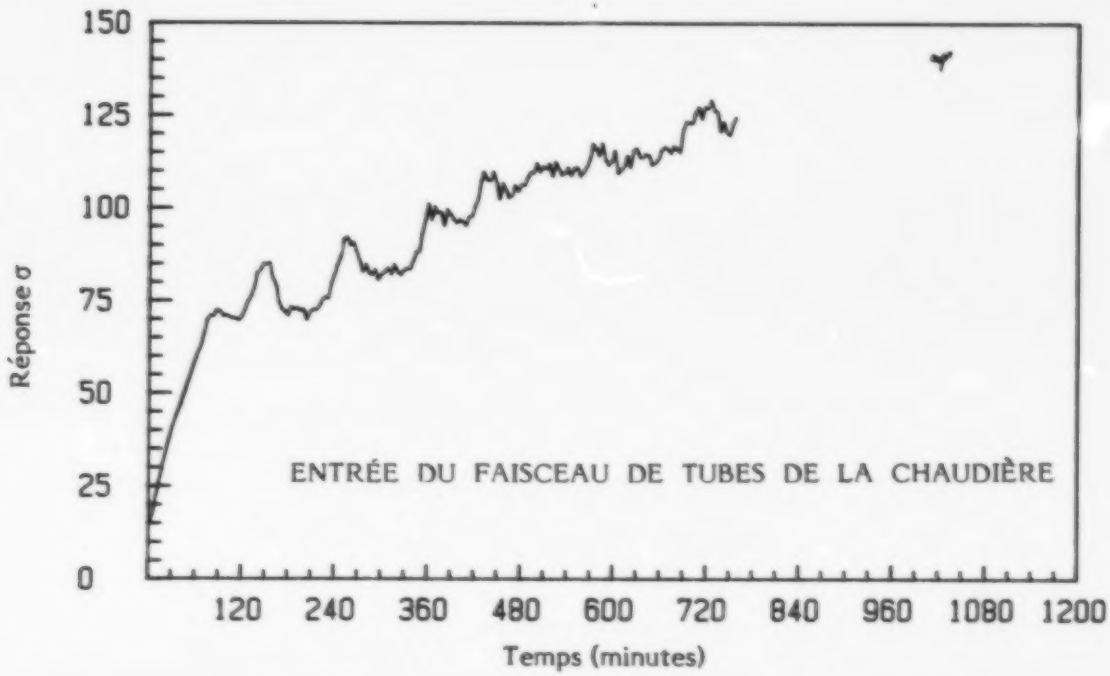


FIGURE 15 RÉPONSE DE LA SONDE PLACÉE PENDANT 17 HEURES À L'ENTRÉE DU FAISCEAU DE TUBES DE LA CHAUDIÈRE (expérience nº 51)

3.4 Mesure de la température des gaz de carneau à l'aide de la sonde Sootprobe MD

La figure 19 montre que, lors d'une expérience au cours de laquelle la sonde était dans la région du surchauffeur (expérience nº 47), la courbe de température enregistrée en utilisant une Sootprobe MD est pratiquement la même que celle obtenue à l'aide de la sonde thermométrique régulière servant à mesurer la température des gaz de carneau, et ce malgré l'amplitude des variations de température des gaz au cours de l'expérience.

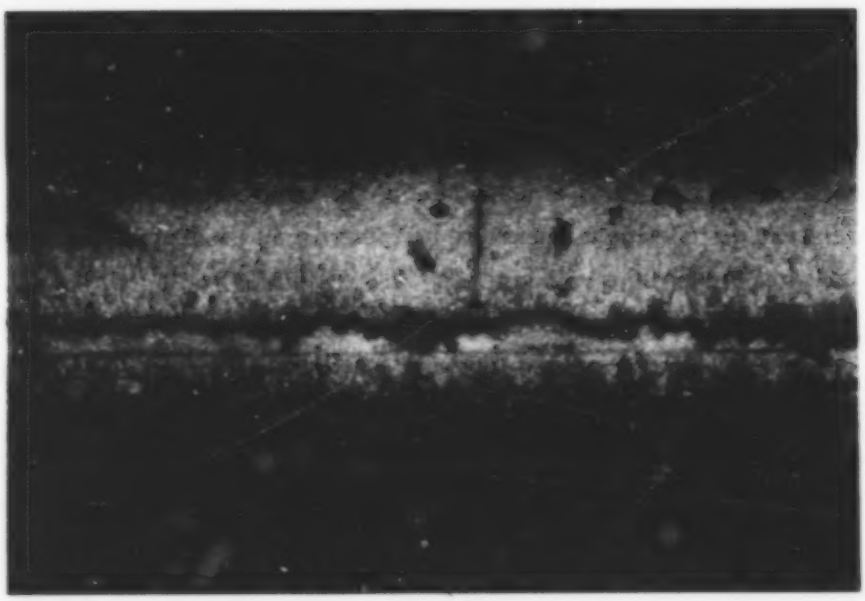
Les résultats pratiquement identiques obtenus au cours des essais à l'aide des deux sondes laissent entendre que la sonde peut donc aussi servir à mesurer en continu la température des gaz de carneau. Il s'agit là d'une très importante caractéristique de la sonde, cruciale pour les techniques de régulation des unités de récupération car une température élevée des gaz de carneau est un important facteur de l'accumulation rapide

Sous le vent

Au vent

FIGURE 16 DÉPÔTS ACCUMULÉS SUR LA SONDE APRÈS 17 HEURES DE SERVICE À L'ENTRÉE DU FAISCEAU DE TUBES DE LA CHAUDIÈRE (expérience nº 51)

Sous le vent



Au vent

FIGURE 17 DÉPÔTS ACCUMULÉS SUR LA SONDE APRÈS 24 HEURES DE SERVICE À L'ENTRÉE DU FAISCEAU DE TUBES DE LA CHAUDIÈRE (expérience nº 41)

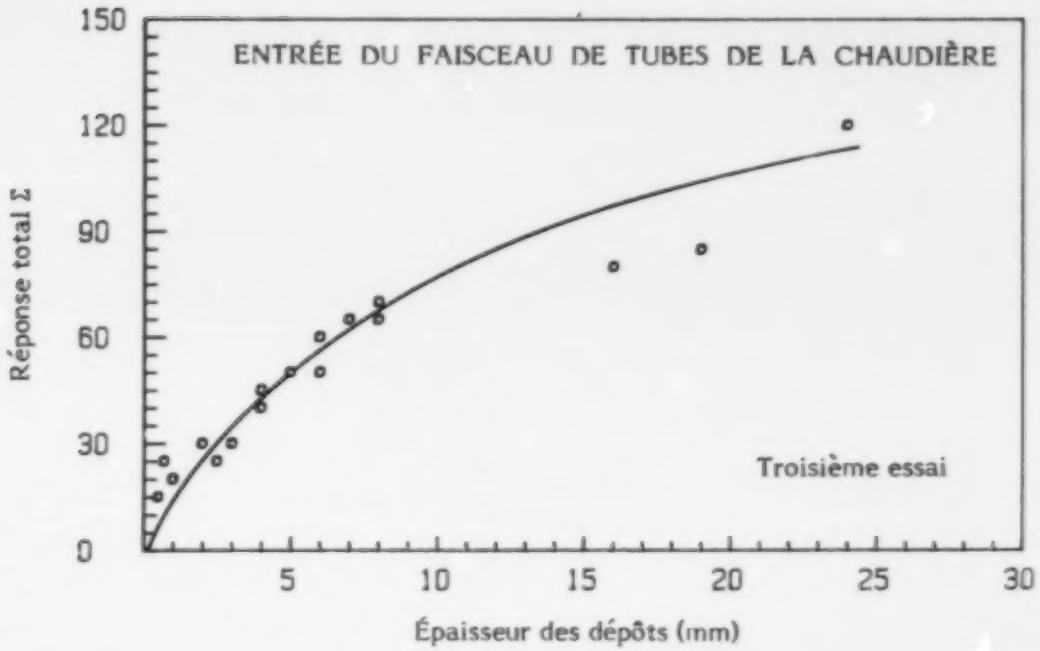


FIGURE 18 EFFET DE L'ÉPAISSEUR DES DÉPÔTS À L'ENTRÉE DU FAISCEAU DE TUBES DE LA CHAUDIÈRE PENDANT LE TROISIÈME ESSAI

des dépôts qui bouchent la chaudière. À l'heure actuelle, il n'existe pas de moyen permettant de mesurer en continu la température des gaz de carneau en amont du générateur en raison de la nature extrêmement corrosive et de la saleté de ces gaz. La détection des courtes variations à la hausse de la température des gaz de carneau à l'entrée du faisceau de tubes de la chaudière permettrait au conducteur de la chaudière de prendre les mesures préventives voulues.

3.5 Variation de la vitesse d'accumulation

Comme le montrent les tableaux 1 et 2, la charge de lessive noire brûlée dans la plupart des expériences est demeurée relativement stable, soit environ de 833 l/mn - 908 l/mn ou encore 20 p. 100 au-dessus de la capacité nominale de l'unité exprimée d'après la teneur en solides de la lessive noire. La vitesse d'accumulation des dépôts a cependant varié considérablement. La figure 20 montre la vitesse d'accumulation dans la région du surchauffeur au cours des premier et deuxième essais. La vitesse d'accumulation était élevée pour les expériences menées entre le 11 novembre et le 15 novembre 1983, et l'épaisseur des dépôts semblait se stabiliser au bout de quatre

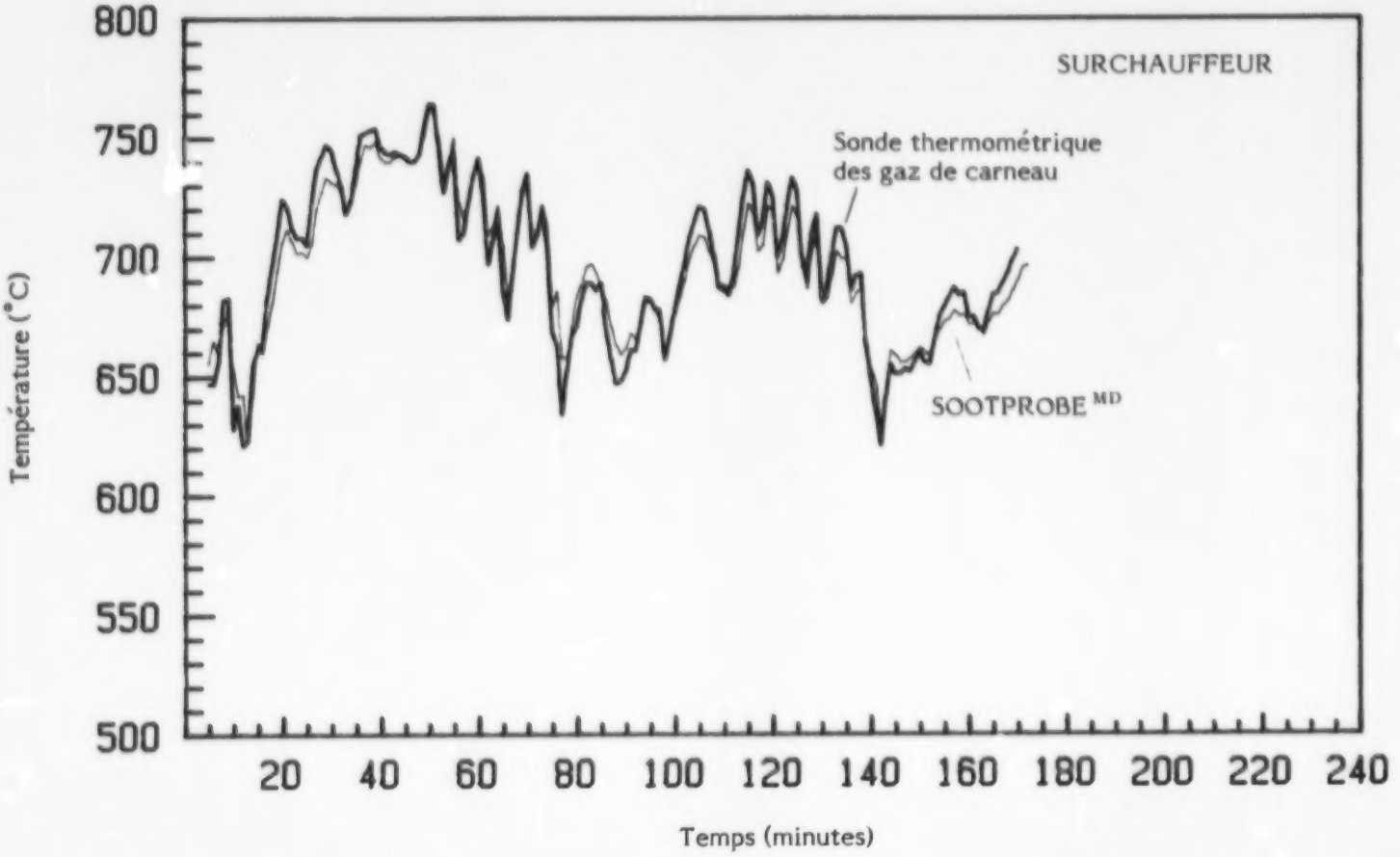


FIGURE 19 TEMPÉRATURE DES GAZ DE CARNEAU MESURÉE DIRECTEMENT ET AVEC UNE SOOTPROBE[MD] AU COURS D'UNE EXPÉRIENCE DE 3 HEURES (expérience nº 47)

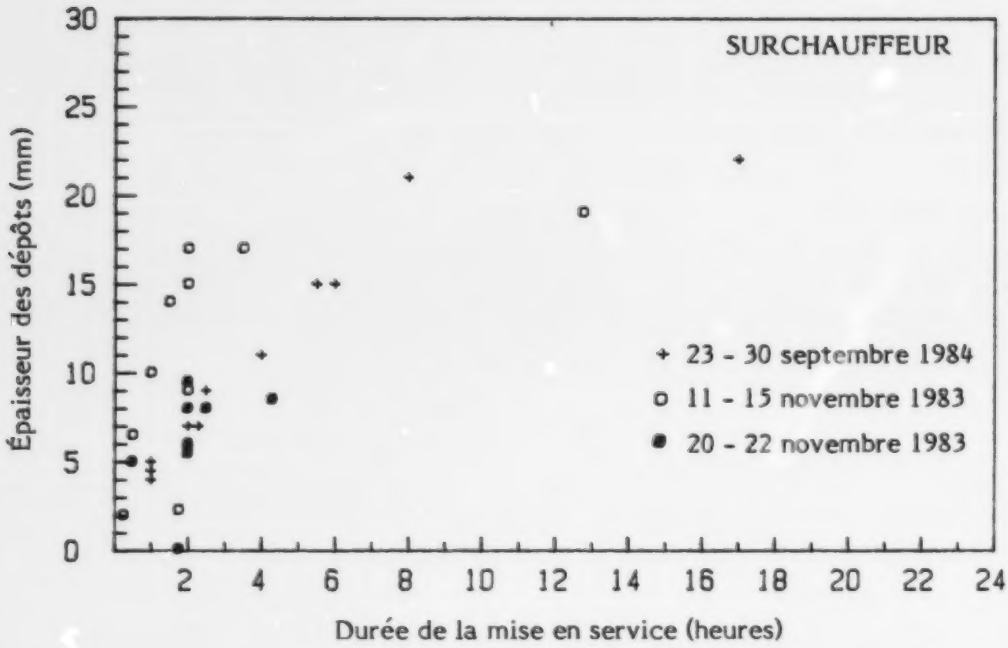


FIGURE 20 DÉPÔTS ACCUMULÉS SUR LA SONDE DANS LA RÉGION DU SURCHAUFFEUR PENDANT LES PREMIER ET DEUXIÈME ESSAIS

heures. La vitesse d'accumulation était beaucoup plus basse pour les expériences menées du 20 novembre au 22 novembre 1983. On remarquera, par exemple, qu'en moins de deux heures la vitesse d'accumulation variait entre une valeur presque nulle et un maximum de 17 mm.

Les résultats du troisième essai montrés à la figure 21 indiquent aussi que la vitesse d'accumulation variait considérablement dans la région du surchauffeur, entre 5 mm et 13 mm en deux heures.

La grande variation de la vitesse d'accumulation pour une charge "constante" de lessive noire est une constatation extrêmement importante car longtemps on a cru que la charge de lessive noire brûlée était le plus important facteur influant sur la vitesse d'accumulation des dépôts. Cette constatation indique manifestement que les conditions de marche de la chaudière autres que la charge de lessive noire peuvent aussi avoir un important effet sur la vitesse d'accumulation des dépôts.

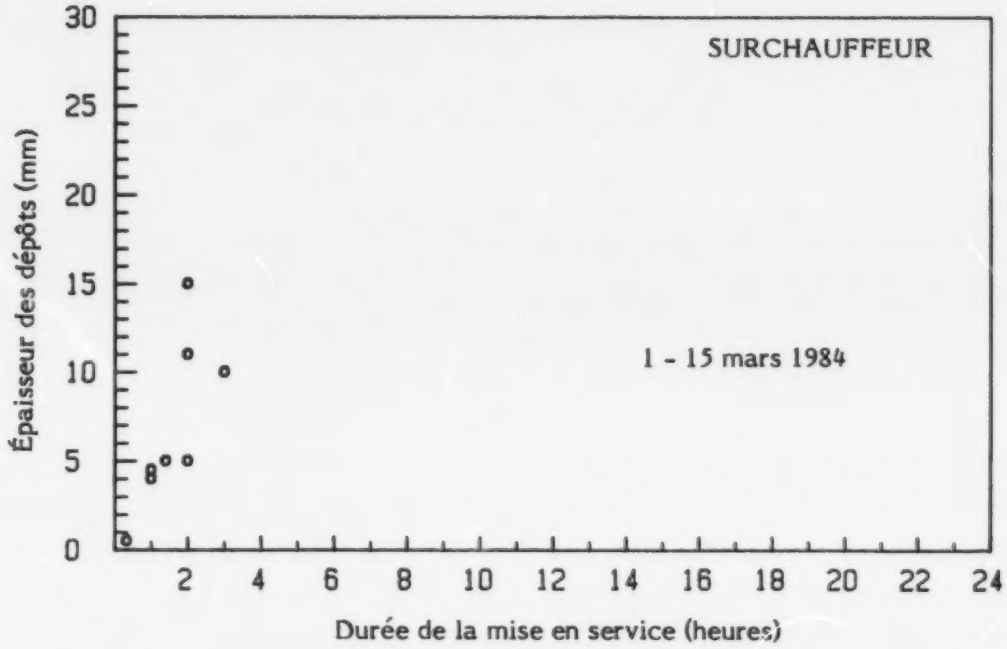


FIGURE 21 DÉPÔTS ACCUMULÉS SUR LA SONDE DANS LA RÉGION DU SURCHAUFFEUR PENDANT LE TROISIÈME ESSAI

4 UTILISATION PRATIQUE DE LA SONDE

La vitesse d'accumulation des dépôts est fonction de nombreuses variables qui souvent interagissent. Isolément, aucune de ces variables ne peut être considérée comme étant la cause absolue de l'élévation de la vitesse d'accumulation. C'est pour cela que les tentatives faites pour empêcher le bouchage de la chaudière basées sur la variation d'une ou de deux variables n'ont pas connu de bien grand succès, surtout parce qu'il n'existait pas de moyen de mesurer les effets à court terme des variations des conditions de marche.

La sonde Sootprobe[MD] permet au conducteur de la chaudière de connaître continuellement la vitesse d'accumulation des dépôts ainsi que la température des gaz de carneau, et peut servir en outre à mesurer les effets à court terme de la variation des conditions de marche sur la vitesse d'accumulation des dépôts et sur la température des gaz de carneau. Le conducteur peut alors déterminer les causes principales du bouchage de sa chaudière. Il peut dès lors se servir de ces renseignements pour régler l'allure de chauffe de la chaudière inférieure afin de réduire au minimum l'accumulation des dépôts.

Il faudra l'aide de l'industrie et du gouvernement fédéral pour poursuivre le développement de la sonde. Des prototypes de développement de celle-ci seront montés dans plusieurs unités de récupération d'usines de pâte kraft. Ces prototypes consisteront en au moins deux sondes travaillant en simultané (l'une dans la région du surchauffeur et l'autre à l'entrée du faisceau de tubes de la chaudière). La vitesse d'accumulation des dépôts et la température des gaz de carneau seront contrôlées à l'aide de saisie de données combinée à des programmes informatiques spécialement conçus. Les signaux seront affichés sur un panneau situé dans la salle des commandes de la chaudière de récupération.

L'effet des diverses conditions de marche de la chaudière sur la vitesse d'accumulation des dépôts sera étudié et l'utilisation de la sonde comme technique de contrôle des dépôts sera approfondie. Les résultats devraient permettre de commercialiser la sonde Sootprobe[MD].

5 CONCLUSION

Les résultats obtenus lors des trois essais en usine du modèle expérimental de la sonde Sootprobe MD indiquent que:

1) L'accumulation des dépôts dans le surchauffeur et le faisceau de tubes de la chaudière des unités de récupération des usines de pâte kraft peut être mesurée en continu à l'aide de la sonde.
2) Le signal de la sonde est fiable.
3) La sonde peut servir à contrôler la température des gaz de carneau.
4) La vitesse d'accumulation des dépôts varie considérablement pour une même charge de lessive noire.
5) La sonde fournit des renseignements au conducteur de la chaudière qui lui permettent de régler les conditions de chauffe pour réduire au minimum la vitesse d'accumulation des dépôts.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le ministère des Approvisionnements et Services du Canada pour son aide fournie dans le cadre du programme des propositions spontanées, le Service de protection de l'environnement d'Environnement Canada et Énergie, Mines et Ressources Canada pour leur aide financière ainsi que les usines de pâte kraft participantes pour leur collaboration.

RÉFÉRENCES

1. Reeve D.W., H.N. Tran et D. Barham, "The Effluent-Free Bleached Kraft Pulp Mill. Part XI: Chemical and Thermal Properties of Recovery Boiler Superheater Fireside Deposits". *Pul and Paper Canada*, 89 (9): T315 (1981).

2. Reeve D.W., H.N. Tran et D. Barham, "Superheater Fireside Deposits and Corrosion in Kraft Recovery Boilers," *TAPPI*, 64 (5): 109 (1981).

3. Tran H.N., D.W. Reeve et D. Barham, "Formation of Kraft Recovery Boiler Fireside Deposits", *Pulp and Paper Canada*, 84 (1): T7 (1983).

4. Tran H.N., D.W. Reeve et D. Barham, "Effect of Fireside Deposits on Kraft Recovery Unit Superheat Corrosion", *CIM Bulletin* (sous presse).

5. Tran H.N., D.W. Reeve, D. Barham et D.C. Fryke, "Local Reducing Atmosphere - A Significant Cause of Superheater Corrosion", sera présenté à la 1984 TAPPI Engineering Conference, Boston, septembre 1984.

6. Tran H.N. et D.W. Reeve, "Kraft Recovery Unit Fireside Deposits and Plugging", présenté à la 69e assemblée annuelle de l'ACCP, Montréal (Québec), janvier 1983. *Pulp and Paper Canada* (sous presse).

7. Ross T., "Conventional Black Liquor Recovery Boiler Today", 1982 Black Liquor Recovery Boiler Today", 1982 Black Liquor Recovery Boiler Symposium, Helsinki, Finlande, août 1982.